



В. Б. Захаров, В. И. Сивоглазов
С. Г. Мамонтов, И. Б. Агафонов

БИОЛОГИЯ



дрoфа



ЛЕСТА

Приложение
на lecta.rosuchebnik.ru



В. Б. Захаров, В. И. Сивоглазов
С. Г. Мамонтов, И. Б. Агафонов

БИОЛОГИЯ

Учебник

Рекомендовано
Министерством просвещения
Российской Федерации

МОСКВА



ДРОФА
2019



Введение

Биология — наука о жизни. Название её возникло из двух греческих слов: *биос* — жизнь, *логос* — учение. Эта наука изучает живые организмы — бактерии, грибы, растения и животных.

В 5 классе вы начали знакомство с этой интереснейшей наукой по учебнику «Введение в биологию», в следующих классах изучали многообразие живых организмов на нашей планете и рассмотрели, как устроен организм человека. Знания, полученные вами из предыдущих курсов, послужат необходимой опорой при изучении общей биологии.

Курс «Биология. Общие закономерности» даёт знание основных законов жизни на всех уровнях её организации, знакомит с современными достижениями в области биологии, определяет место человека в биосфере и его ответственность за состояние природы.

Общая биология играет объединяющую роль в системе знаний о живой природе, поскольку в ней под историческим углом зрения систематизируются ранее изученные факты, совокупность которых позволяет выявить основные закономерности органического мира. На основе их познания осуществляется разумное использование, охрана и воспроизводство природы. Читая учебник, вы познакомитесь с общей теорией развития органического мира — одной из основ научного мировоззрения; научитесь понимать диалектический характер процессов развития: противоречивость и взаимосвязь явлений наследственности и изменчивости, биологического прогресса и регресса, процессов ассимиляции и диссимиляции и т. п. Вы узнаете о материальном характере явлений жизни и всего органического мира, получите веские до-





казательства познаваемости природы, несмотря на всё её многообразие и сложность.

Объяснение причин многообразия живых организмов также является задачей общей биологии и целью лежащего перед вами учебника. Важное место среди рассматриваемых общей биологией проблем занимают вопросы происхождения жизни на Земле и законы её развития, биологические механизмы образования видов, а также взаимосвязь различных групп живых организмов между собой и взаимодействие их с окружающей средой. Понимание характера взаимодействия живых организмов друг с другом важно для разработки медицинских мероприятий по предотвращению инфекционных и паразитарных заболеваний.

Практическое применение достижений современной биологии уже в настоящее время позволяет получать промышленным путём значительные количества нужных для человека биологически активных веществ: антибиотиков, витаминов, гормонов и др.

Благодаря знанию законов наследственности и изменчивости достигнуты большие успехи в сельском хозяйстве при создании новых пород домашних животных и сортов культурных растений. Учёные вывели сотни сортов зерновых, бобовых, масличных и других культур, отличающихся от своих предшественников более высокой продуктивностью и другими полезными качествами. Проводится селекция микроорганизмов, продуцирующих антибиотики. Отечественными учёными получены культуры микроорганизмов, дающие выход медицинских препаратов в сотни раз больший, чем исходные формы. Широко используются микроорганизмы для обогащения бедных руд, содержащих цветные металлы и радиоактивные элементы.

В настоящее время трудно найти отрасль хозяйства, в которой не использовались бы биологические знания. В дальнейшем практическое

значение биологии ещё больше возрастёт. Это связано с быстрыми темпами роста населения планеты, в том числе городского, непосредственно не участвующего в сельскохозяйственном производстве. В такой ситуации увеличить количество пищевых ресурсов можно лишь путём интенсификации сельского хозяйства. Важную роль при этом будут играть выведение новых высокопродуктивных форм микроорганизмов, растений и животных, а также научно обоснованное использование природных богатств, сохранение и приумножение плодородия почв.

Очень важно знание биологии для воспитания бережного отношения к природе — источнику нашего существования, для умения рационально использовать природные ресурсы. Из этой книги вы узнаете о роли заповедников и других охраняемых территорий в сбережении многообразия живого мира, в функционировании биосферы как целостной системы.

Перед вами учебник, который поможет вам научиться самостоятельно находить необходимую информацию. Основные термины выделены в нём **синим** цветом, а термины, относящиеся к дополнительному материалу, — **зелёным**. После выделенного слова или словосочетания вы найдёте значок с изображением диска и номером, например 7. Эта нумерация поможет вам отыскать нужную статью в материалах электронного приложения, размещённого по адресу <http://gotourl.ru/8406>. Используя специальную поисковую систему, статьи в электронном приложении можно искать не только по номеру, но и по названию. Если выделенное в учебнике слово сопровождается значком с изображением стрелки ►, то статья содержит слайд-шоу, мультипликационный или видеофрагмент.

Оранжевым цветом в учебнике отмечены номера параграфов, которые изучаются по усмотрению учителя.



Учебник содержит разнообразные вопросы и задания. В конце каждого параграфа приведены разноуровневые вопросы (рубрика «Вопросы для повторения и задания»). Вопросы поисково-творческого уровня помогут вам планировать пути достижения целей, соотносить свои действия с планируемыми результатами, оценивать правильность выполнения учебной задачи, создавать обобщения, устанавливать аналогии, классифицировать, устанавливать причинно-следственные связи, строить логические рассуждения, делать выводы и т. д. Многие задания имеют личностную направленность. Они формируют основы нравственного поведения, учат навыкам общения в коллективе. Для закрепления своих знаний не забывайте выполнять практические задания в рабочей тетради. Проверить и закрепить свои знания вы также сможете, используя задания Т1—Т165, размещённые в электронном приложении.

При освоении материала учебного курса вы можете также обратиться к электронной форме учебника (ЭФУ), что даст возможность познакомиться с материалом учебника в электронном виде, выполнить интерактивные учебные задания и оценить (с помощью тестов) свой уровень усвоения материала.

Работа с ресурсами Интернета формирует и развивает вашу компетентность в области информационно-коммуникационных технологий, учит использовать разные источники биологической информации.

Работая с учебником, постоянно оценивайте свои достижения. Довольны ли вы ими? Что нового вы узнаете при изучении новой темы? Как могут пригодиться вам эти знания в повседневной жизни? Если какой-то материал покажется вам сложным, обратитесь за помощью к учителю или воспользуйтесь справочной литературой и ресурсами Интернета.

Академик РАН, профессор В. Б. Захаров

Многообразие живого мира. Уровни организации и основные свойства живых организмов

Вспомните!

- Химический элемент • Молекула • Клетка
- Ткань • Орган • Организм • Популяция • Биоценоз
- Биогеоценоз • Биосфера • Обмен веществ
- Размножение • Наследственность и изменчивость
- Развитие • Раздражимость

Мир живых существ представлен биологическими системами различной структурной организации и разного уровня сложности. В настоящее время выделяют несколько **уровней организации живой материи** 644 ▢.

1. **Молекулярный.** Любая живая система, как бы сложно она ни была организована, проявляется на уровне функционирования биополимеров (сложных органических соединений, отличающихся крупными молекулами), построенных из большого количества единиц — мономеров (исходных, повторяющихся, более просто устроенных соединений). На этом уровне начинаются важнейшие процессы жизнедеятельности организма: обмен веществ и превращение энергии, передача наследственной информации и др. Существует три типа биологических полимеров: полисахариды, белки и нуклеиновые кислоты. Их мономерами служат соответственно моносахариды, аминокислоты и нуклеотиды. Не менее важными для организма органическими соединениями являются также жиры (липиды).

2. **Клеточный.** **Клетка** 1 является структурной и функциональной единицей, а также единицей развития живых организмов. Она представляет собой саморегулирующуюся, самовоспроизводящуюся живую систему. Свободноживущих неклеточных форм жизни на Земле не существует. Неклеточные формы — вирусы — не способны к самостоятельному существованию.

Клетка может представлять собой целый организм, а может быть частью многоклеточного растения или животного. Она бывает устроена просто, как **доядерные** ❷ клетки бактерий и синезелёных водорослей, или значительно более сложно — **ядерные** ❸ клетки зелёных растений, грибов, животных. Бактерии, как и простейшие, представляют собой целостные **одноклеточные** ❹ организмы, способные выполнять все функции для обеспечения их жизнедеятельности. А вот клетки, входящие в состав **многоклеточного** ❺ организма, специализированы, т. е. могут осуществлять только одну какую-либо функцию и не способны существовать самостоятельно, вне организма. У многоклеточного организма взаимодействие многих клеток приводит к возникновению нового качества, не равнозначного простой их сумме.

3. *Тканевый.* **Ткань** ❻ представляет собой совокупность сходных по строению клеток и межклеточного вещества, объединённых выполнением общей функции.

4. *Органный.* **Органы** ❼ — это структурно-функциональные объединения нескольких типов тканей. Например, печень человека как орган включает эпителий и соединительную ткань, которые вместе выполняют целый ряд функций, в том числе синтез белков крови, желчных кислот, обезвреживание ядовитых веществ, поступающих из кишечника, накопление животного крахмала — гликогена.

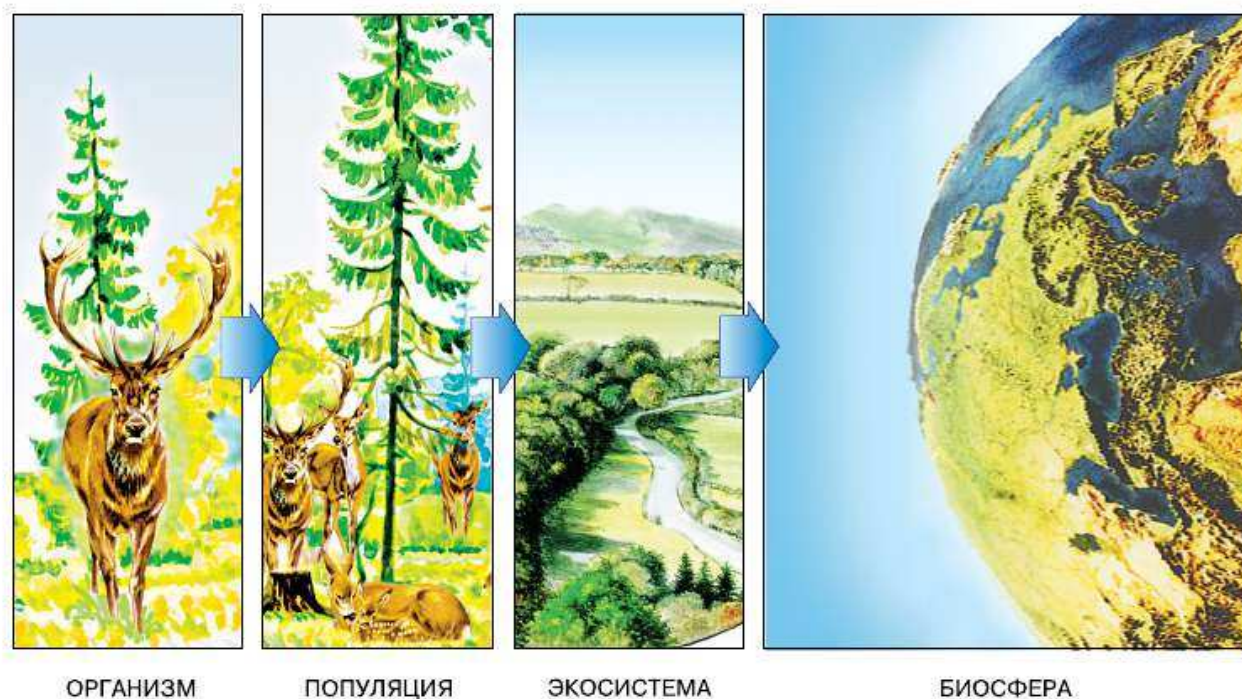


Рис. 1. Спектр уровней организации живых систем, начиная с организменного

5. *Организменный* (рис. 1). Многоклеточный **организм** 8 представляет собой целостную систему органов, специализированных для выполнения различных функций. Одноклеточный организм — это целостная живая система, способная к самостоятельному существованию.

6. *Популяционно-видовой*. Совокупность организмов одного и того же **вида** 12, объединённых общим местом обитания, называется популяцией. **Популяция** 13 — система надорганизменного уровня. Именно здесь протекают простейшие эволюционные преобразования.

7. *Биогеоценотический (экосистемный)*. **Биогеоценоз** 15 — совокупность организмов разных видов и факторов среды их обитания, объединённых обменом веществ и энергии в единый природный комплекс.

8. *Биосферный*. **Биосфера** 16 — система высшего порядка. На этом уровне происходят круговорот веществ и превращение энергии, связанные с жизнедеятельностью всех живых организмов, обитающих на нашей планете (см. рис. 1).

Живой материи на любом уровне организации присущи черты, отличающие её от неживой материи.

Все живые организмы способны к **обмену веществ** 17 с окружающей средой. Они поглощают из неё вещества, необходимые им для питания, наружу выделяют продукты жизнедеятельности. Обмен веществ обеспечивает постоянство химического состава и строения всех частей организма и, как следствие, постоянство и стабильность их функционирования в непрерывно меняющихся условиях окружающей среды.

Другая характерная черта живой материи — **самовоспроизведение** 18. Способность к размножению, т. е. воспроизведению нового поколения особей того же вида, — одно из основных свойств живых организмов. Потомство в основном всегда похоже на родителей, поэтому свойство организмов воспроизводить себе подобных тесно связано с явлением наследственности.

Наследственность 19 — это способность организмов передавать свои признаки, свойства и особенности развития из поколения в поколение. Однако потомки не идентичны своим родителям, и в этом проявляется изменчивость — способность организмов приобретать новые признаки и свойства. В основе её лежит изменение строения генов или хромосом.

Изменчивость 20 создаёт разнообразный исходный материал для естественного отбора, т. е. отбора особей, наиболее приспособленных к условиям существования в конкретных природ-



ных условиях, что, в свою очередь, приводит к появлению новых форм жизни, новых видов организмов.

При размножении организмов через половые клетки передаётся не комплекс признаков и свойств организма, а гены, определяющие возможность их развития. Сами же качества организма появляются в процессе развития. Способность к развитию — всеобщее свойство материи. Под **развитием** 21 понимают необратимое направленное закономерное изменение объектов живой и неживой природы. Развитие живой материи представлено индивидуальным развитием организмов, или **онтогенезом** 22, и историческим развитием, или **филогенезом** 23.

Филогенез, или **эволюция**, — это необратимое и направленное развитие живой природы, сопровождающееся образованием новых видов и прогрессивным усложнением форм жизни. Результатом эволюции является всё многообразие живых организмов на Земле.

Существуют и другие свойства живой природы. Среди них **саморегуляция** 24 и **раздражимость** 25, **ритмичность** 26 и некоторые другие, знакомые вам из курса «Человек». Таким образом, живые организмы резко отличаются от неживых систем — объектов, изучаемых физикой и химией, — своей исключительной сложностью и высокой структурной и функциональной упорядоченностью.

Что же такое жизнь? Одно из определений более 100 лет назад дал **Ф. Энгельс** 27: «Жизнь есть способ существования белковых тел, и этот способ существования состоит по своему существу в постоянном самообновлении химических составных частей этих тел». В это определение вошли два важных положения: 1) жизнь тесно связана с белками и 2) непременное условие жизни — постоянный обмен веществ, с прекращением которого прекращается и жизнь.

Достижения биологии наших дней позволили выявить новые черты, присущие живым организмам, и на этом основании дать более точное определение понятия «жизнь». Современный отечественный учёный **М. В. Волькенштейн** 28 определяет это понятие так: «Живые тела, существующие на Земле, представляют собой открытые саморегулирующиеся и самовоспроизводящиеся системы, построенные из биополимеров — белков и нуклеиновых кислот».

Ознакомившись, таким образом, с основными признаками и свойствами живых организмов, можно перейти к вопросу о структурной организации живых организмов.



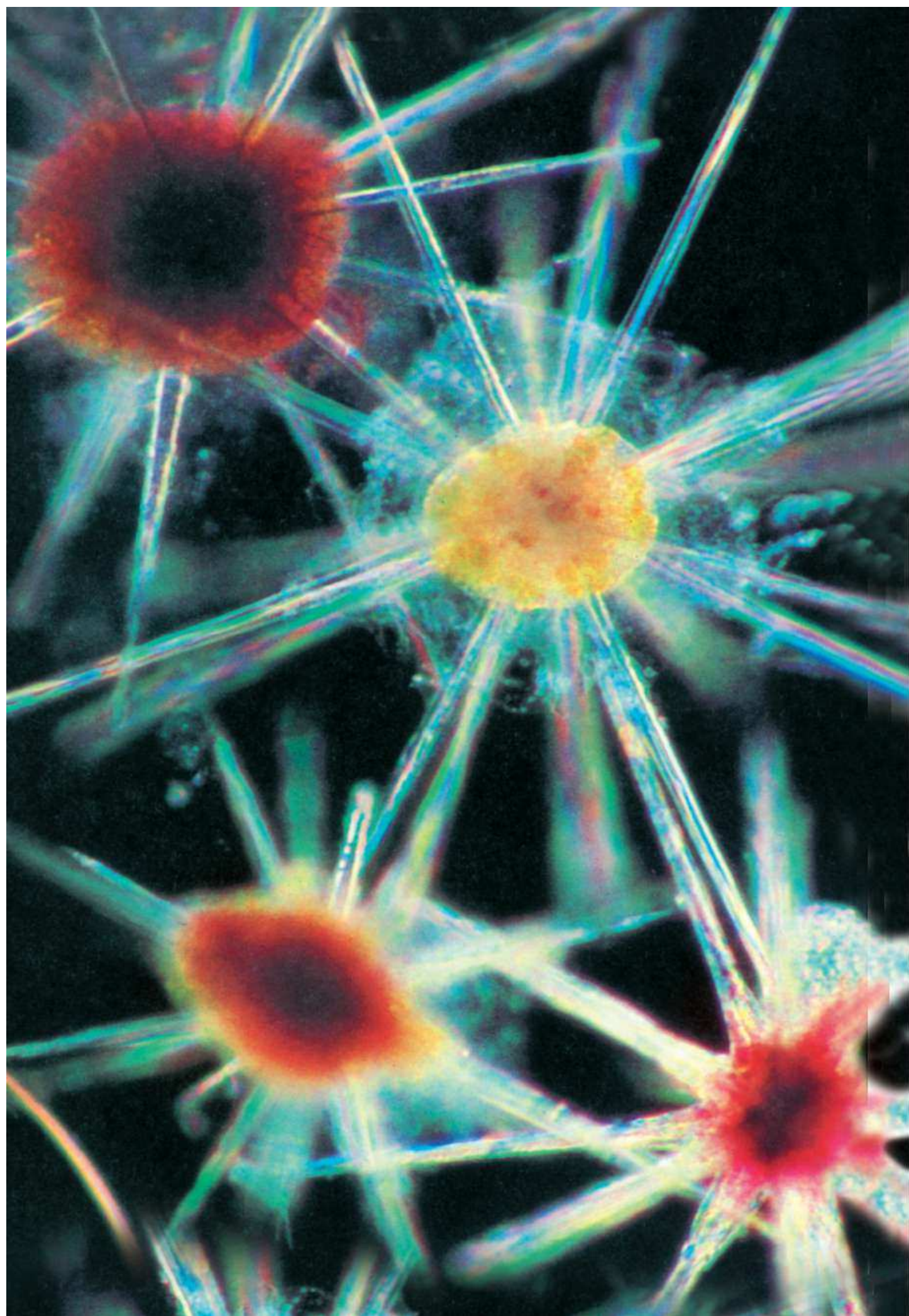
Вопросы для повторения и задания

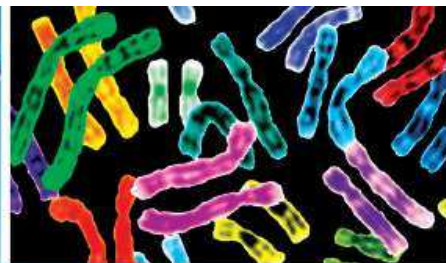
1. Назовите уровни организации живой материи. Предложите критерии для сравнения разных уровней организации живой природы, составьте и заполните таблицу «Уровни живой материи».
2. Как взаимосвязаны различные уровни организации живой материи?
3. Что такое самовоспроизведение (репродукция) живых организмов?
4. Что такое развитие? Какие формы развития вы знаете? Сравните их между собой.
5. Что такое раздражимость? Какое значение она имеет для приспособления к условиям существования?
6. Опираясь на знания, полученные в курсе «Человек», приведите примеры саморегуляции физиологических процессов в своём организме.
7. В чём значение ритмичности процессов жизнедеятельности? Приведите примеры ритмичности процессов в неживой и живой природе.
8. Попробуйте сформулировать собственное определение жизни.
9. Приведите примеры процессов и событий, происходящих на разных уровнях организации живого, участником которых вы были сегодня.



Работа с дополнительными источниками информации

- **Обратитесь к дополнительным печатным источникам информации** — энциклопедиям, монографиям, периодическим научным изданиям.
- **Обратитесь к электронному приложению**, материалы которого являются дополнительным источником информации, раскрывающим содержание ключевых понятий параграфа. Выполните задания Т1—Т6.
- **Подготовьтесь к следующему уроку.** Используя дополнительные источники информации (книги, статьи, ресурсы сети Интернет и др.), сделайте сообщение по ключевым словам и словосочетаниям следующего параграфа.



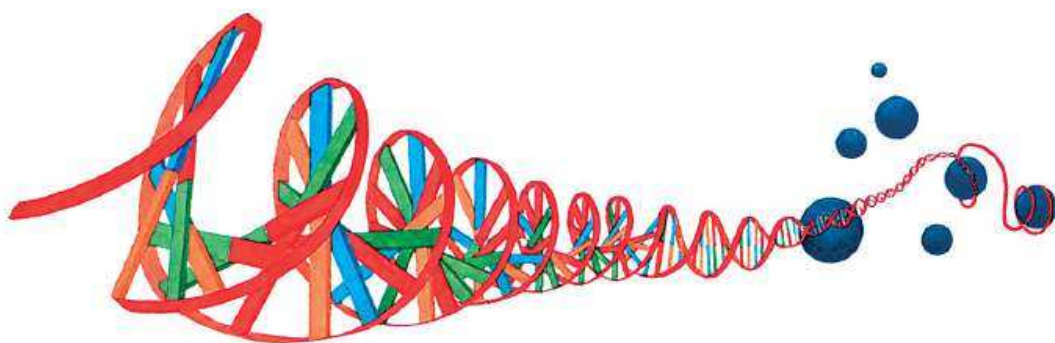


Раздел



Структурная организация живых организмов

По строению клетки все организмы делят на доядерные (прокариоты) и ядерные (эукариоты). Одноклеточные организмы представляют собой существующие отдельно друг от друга клетки. Тело всех многоклеточных — животных, растений и грибов — построено из большего или меньшего числа клеток, которые являются своего рода блоками, составляющими сложный организм. Независимо от того, представляет ли собой клетка целостную систему — отдельный организм или составляет лишь его часть, она наделена набором признаков и свойств, общим для всех клеток. Рассмотрим подробнее химический состав, структуру и особенности жизнедеятельности элементарной единицы строения живых организмов — клетки.



Химическая организация клетки

В состав клетки входит около 70 химических элементов, встречающихся и в неживой природе, и это — одно из доказательств общности живой и неживой природы. Однако соотношение химических элементов в живой и неживой материи различно. В зависимости от содержания в живом организме химические элементы подразделяют на несколько групп.

Около 98% массы клетки образуют четыре элемента: водород, кислород, углерод и азот. Это главные компоненты всех органических соединений. Наряду с серой и фосфором, являющимися необходимыми компонентами молекул биологических полимеров (от греч. *полис* — много, *мерос* — часть) — белков и нуклеиновых кислот, их часто называют **биоэлементами** или **органогенами** 118.

В меньших количествах в состав клетки, кроме упомянутых фосфора и серы, входят шесть элементов: калий, натрий, кальций, магний, железо и хлор (суммарная их доля — около 1,8%). Каждый из них выполняет в клетке важную функцию. Например, Na, K и Cl обеспечивают проницаемость клеточных мембран для различных веществ и проведение импульса по нервному волокну. Ca и P участвуют в формировании костной ткани, от них зависит прочность кости. Кроме того, Ca — один из факторов, от которых зависит нормальная свёртываемость крови. Железо входит в состав **гемоглобина** 119 — белка эритроцитов, участвующего в переносе кислорода от лёгких к тканям. Наконец, Mg в клетках растений включён в **хлорофилл** 120 — пигмент, участвующий в фотосинтезе, а у животных входит в состав биологических катализаторов — ферментов, ускоряющих биохимические превращения. Все перечисленные выше элементы объединяют в группу **макроэлементов** 121.

Все остальные элементы (цинк, медь, иод, фтор, кобальт, марганец, молибден, бор и др.) содержатся в клетке в очень малых количествах. Общий их вклад в её массу — всего 0,02%. Поэтому их называют **микроэlemen-**

тами 122 . Однако и они имеют жизненно важное значение. Микроэлементы входят в состав **ферментов** 123 , **витаминов** 124 и **гормонов** 125 — веществ, обладающих большой биологической активностью. Так, иод входит в состав гормона щитовидной железы — тироксина; цинк — в состав гормона поджелудочной железы — инсулина; кобальт — необходимый компонент витамина В₁₂.

1. Неорганические вещества, входящие в состав клетки

Вспомните!

- Полярность молекул • Водородные связи
- Ковалентные связи • Катализаторы

Вода. Самое распространённое неорганическое соединение в живых организмах — **вода** 126 . Её содержание колеблется в широких пределах: в клетках эмали зубов около 10% воды, а в клетках развивающегося зародыша — более 90% . В среднем в многоклеточном организме вода составляет более 70% массы тела.

Роль воды в клетке очень велика. Для живых организмов это не только необходимый компонент составляющих их клеток, но зачастую ещё и среда обитания.

Функции воды во многом определяются её химическими и физическими свойствами. Эти свойства связаны главным образом с малыми размерами молекул воды и их **полярностью**, а также способностью соединяться друг с другом **водородными связями** 127 .

Одна часть молекулы воды несёт небольшой положительный заряд, а другая — отрицательный. Такую молекулу называют **диполем** 128 . Положительно заряженные части одной молекулы воды притягивают к себе отрицательно заряженные части других молекул, молекулы воды как будто склеиваются (рис. 2). Эти взаимодействия, более слабые, чем ионные связи, называют водородными связями. Вода — превосходный растворитель для **полярных веществ** 129 , участвующих в обменных процессах.

В качестве растворителя вода обеспечивает как приток веществ в клетку, так и удаление из неё продуктов жизнедеятельности, поскольку большинство химических соединений может проникнуть через наружную клеточную мембрану только в растворённом виде.

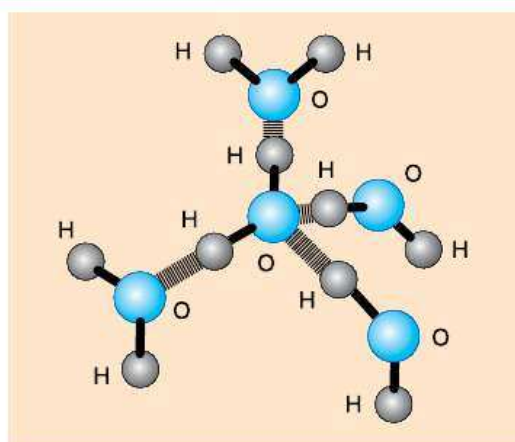


Рис. 2. Схема образования связей между отдельными диполями воды

Не менее важна и чисто химическая роль воды. Под действием некоторых катализаторов — ферментов — она вступает в **реакции гидролиза** • 130 . В результате образуются новые вещества с новыми свойствами.

Вода обладает хорошей теплопроводностью и большой теплоёмкостью, поэтому температура внутри клетки остаётся неизменной или её колебания оказываются значительно меньшими, чем в окружающей клетку среде.

Минеральные соли • 131 . Большая часть неорганических веществ клетки находится в виде солей — либо в состоянии ионов, либо в виде твёрдой нерастворимой соли. Среди первых большое значение имеют катионы K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , которые обеспечивают такое важнейшее свойство живых организмов, как раздражимость.

От концентрации солей внутри клетки зависят её **буферные свойства** • 132 . *Буферностью* называют способность клетки поддерживать слабощелочную реакцию своего содержимого на постоянном уровне. Внутри клетки буферность обеспечивается главным образом анионами $H_2PO_4^-$ и HPO_4^{2-} . Во внеклеточной жидкости и в крови роль буфера играют HCO_3^- . Анионы слабых кислот и слабые щёлочи связывают ионы водорода и гидроксил-ионы (OH^-), благодаря чему реакция внутри клетки, т. е. **величина pH** • 133 , практически не меняется.

Основная масса Са и Р используется для построения костной ткани в виде двойных углекислых и фосфорнокислых солей с общей формулой $CaCO_3 \cdot nCa_3(PO_4)_2$. Они входят также в состав раковин моллюсков, обеспечивая прочность этих образований.





Вопросы для повторения и задания

1. Какие химические элементы составляют большую часть массы клетки?
2. Что такое микроэлементы? Приведите примеры и охарактеризуйте их биологическое значение.
3. Каковы особенности пространственной организации молекулы воды, обуславливающие её биологическое значение?
4. Какие минеральные соли входят в состав живых организмов?
5. Какие вещества обуславливают буферные свойства клетки?
6. Согласны ли вы с утверждением, что вода — колыбель всего живого? Объясните, почему жизнь зародилась именно в водной среде.
7. Предложите свою классификацию химических элементов, входящих в состав живых организмов.
8. Составьте и заполните таблицу «Химические элементы и их значение в живой природе».



Работа с дополнительными источниками информации

- **Обратитесь к дополнительным печатным источникам информации** — энциклопедиям, монографиям, периодическим научным изданиям.
- **Обратитесь к электронному приложению**, материалы которого являются дополнительным источником информации, раскрывающим содержание ключевых понятий параграфа. Выполните задания Т24—Т26.
- **Подготовьтесь к следующему уроку.** Используя дополнительные источники информации (книги, статьи, ресурсы сети Интернет и др.), сделайте сообщение по ключевым словам и словосочетаниям следующего параграфа.

2. Органические вещества, входящие в состав клетки

Вспомните!

- *Определение жизни по Энгельсу* • *Определение жизни по Волькенштейну* • *Полимеры* • *Ферменты* • *Антитела*
- *Антигены* • *Полисахариды* • *Нуклеиновые кислоты*
- *Биологическая информация*

Органические соединения составляют в среднем 20—30% массы клетки живого организма. К ним относятся биологические полимеры — белки, нуклеиновые кислоты и углеводы, а также

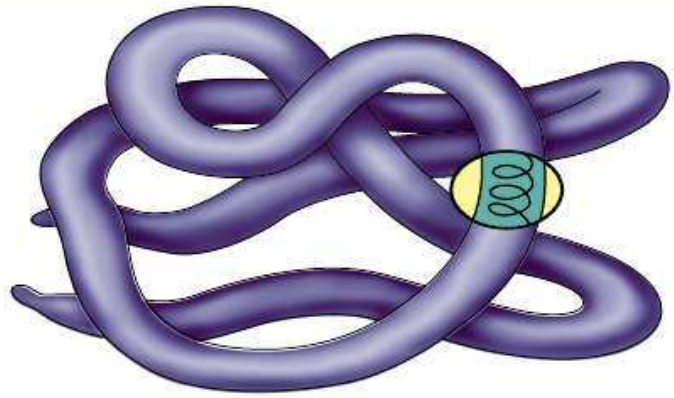


Рис. 3. Схема укладки полипептидной цепи в третичной структуре белка

жиры и ряд небольших молекул — гормоны, пигменты, аминокислоты, простые сахара, нуклеотиды и т. д. Разные типы клеток содержат разные количества органических соединений. Так, в растительных клетках преобладают углеводы. Наоборот, белков больше в животной клетке, чем в растительной (40—50% против 20—35%).

Каждая группа органических веществ в клетке любого типа выполняет сходные функции.

Белки. Среди органических веществ клетки **белки** 134 занимают первое место как по количеству, так и по значению. Это высокомолекулярные полимерные соединения, мономером которых служат **аминокислоты** 135. В организме человека встречается 5 млн типов белковых молекул, отличающихся не только друг от друга, но и от белков других организмов. Такое разнообразие обеспечивается сочетанием всего лишь 20 разных аминокислот, составляющих несколько сотен тысяч, а иногда и миллионов комбинаций. Например, из 20 остатков аминокислот теоретически можно составить около $2 \cdot 10^{18}$ вариантов белковых молекул, различающихся порядком чередования аминокислот, а значит, и формой, и свойствами. Молекулы белков могут быть спиралевидными, складчатыми или шарообразными (рис. 3).

Функции белков 138 в клетке чрезвычайно многообразны. Одна из важнейших — *строительная (структурная) функция*: белки участвуют в образовании всех клеточных мембран и органоидов клетки, а также внеклеточных структур.

Исключительно важное значение имеет *каталитическая роль* белков. Все **ферменты** 139 — вещества белковой природы, они ускоряют химические реакции, протекающие в клетке, в десятки и сотни тысяч раз.

Двигательная функция живых организмов обеспечивается специальными **сократительными белками** 141. Эти белки участвуют во всех видах движения, к которым способны клетки и организмы: образовании псевдоподий, мерцании ресничек и биении жгутиков у простейших, сокращении мышц у многоклеточных животных, движении листьев у растений и др.

Транспортная функция белков заключается в присоединении химических элементов (например, кислорода) или биологически активных веществ (гормонов) и переносе их к различным тканям и органам тела.

Защитная функция. При поступлении в организм чужеродных белков или микроорганизмов в белых кровяных тельцах — лейкоцитах — образуются особые белки — **антитела** 143. Они связывают и обезвреживают несвойственные организму вещества (**антигены** 142).

Белки служат и одним из источников энергии в клетке, т. е. выполняют *энергетическую функцию*. При полном расщеплении 1 г белка выделяется 17,6 кДж энергии.

Углеводы. **Углеводы** 144, или сахараиды, — органические вещества с общей формулой $C_n(H_2O)_m$. У большинства углеводов число молекул воды вдвое превышает количество атомов углерода, поэтому они и были названы углеводами.

В животной клетке углеводов содержится всего 1—2%, иногда 5%, в растительных же клетках их содержание в некоторых случаях достигает 90% сухой массы (клубни картофеля, семена и т. д.).

Углеводы подразделяются на моносахариды, дисахариды и полисахариды. **Моносахариды** 145 — это простые сахара. Из них наиболее распространены **глюкоза**, **фруктоза** 146 и галактоза. Глюкоза содержится в крови (0,1—0,12%). **Рибоза и дезоксирибоза** 147 входят в состав нуклеиновых кислот.

Соединения, содержащие два моносахаридных остатка, называют **дисахаридами** 148 — это мальтоза, **сахароза** 149 и **лактоза** 150. Сахароза (тростниковый сахар) наиболее распространена в растениях. В её состав входят глюкоза и фруктоза.

Сложные углеводы, образованные остатками многих моносахаридов, называют **полисахаридами** 151. Мономером таких полисахаридов, как **крахмал** 152, **гликоген** 153, **целлюлоза** 154, является глюкоза.

Углеводы выполняют две основные **функции** 155: *строительную* и *энергетическую*. Например, целлюлоза образует стенки растительных клеток; сложный полисахарид **хитин** 156 —



главный структурный компонент наружного скелета членистоногих. Строительную функцию хитин выполняет и у грибов.

Углеводы играют роль основного источника энергии в клетке. В процессе окисления 1 г углеводов освобождается 17,6 кДж энергии. Крахмал у растений и гликоген у животных, откладываясь в клетках, служат резервом пищи и энергии.

Липиды. Нерастворимые в воде органические вещества называют **липидами** 157. Это группа соединений, отличающихся большим разнообразием.

Самые распространённые из липидов, встречающихся в природе, — **нейтральные жиры** 158. Их принято делить на жиры и масла в зависимости от того, остаются ли они твёрдыми при 20 °С (жиры) или имеют при этой температуре жидкую консистенцию (масла).

Основная **функция жиров** 159 — служить *энергетическим резервуаром*. Калорийность липидов выше энергетической ценности углеводов. В ходе расщепления 1 г жиров до CO_2 и H_2O освобождается 38,9 кДж энергии. Содержание жира в клетке колеблется в пределах 5—15% от массы сухого вещества. В клетках **жировой ткани животных** 160 и семенах некоторых растений (**клещевина** 161, подсолнечник, **раж** 162) количество жира возрастает до 90%. В организме животных, впадающих в спячку, накапливается избыток жира, у позвоночных животных жир откладывается ещё и под кожей — в так называемой подкожной клетчатке, где он служит для теплоизоляции. Одним из продуктов окисления жиров является вода. Эта **метаболическая вода** 163 очень важна для обитателей пустынь. Так, жир, которым заполнен горб верблюда, служит в первую очередь не источником энергии (как часто ошибочно полагают), а источником воды.

Очень важное значение для живых организмов имеют **фосфолипиды** 164, являющиеся компонентами мембран, т. е. выполняющие *строительную функцию*.

Из липидов можно отметить также **воск** 165, который используется у растений и животных в качестве водоотталкивающего покрытия. Из воска пчёлы строят соты. Широко представлены в животном и растительном мире **стероиды** 166 — это желчные кислоты и их соли, половые гормоны, витамин D, холестерол, гормоны коры надпочечников и т. д. Они выполняют ряд важных биохимических и физиологических функций.

Нуклеиновые кислоты. Значение **нуклеиновых кислот** 167 в клетке очень велико. Благодаря особенностям своего химического строения они хранят, переносят и передают по наследству



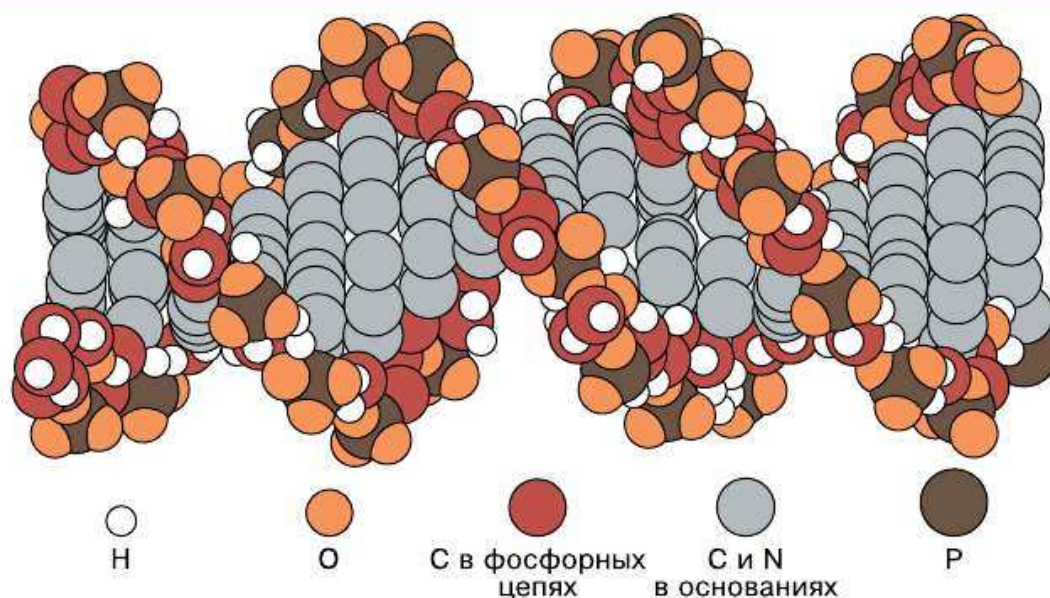


Рис. 4. Схема строения молекулы ДНК

дочерним клеткам информацию о структуре белковых молекул, которые синтезируются в каждой ткани на определённом этапе индивидуального развития. Большинство свойств и признаков клеток обусловлено белками, поэтому понятно, что стабильность нуклеиновых кислот — важнейшее условие нормальной жизнедеятельности клеток и целых организмов. Любые изменения строения нуклеиновых кислот влекут за собой изменения структуры клеток или активности физиологических процессов в них, влияя таким образом на жизнеспособность организма.

Структуру нуклеиновых кислот установили в 1953 г. американский биолог **Дж. Уотсон** 169 и английский физик **Ф. Крик** 170. Изучение её имеет исключительно важное значение для понимания механизма наследования признаков у организмов и закономерностей функционирования как отдельных клеток, так и клеточных систем — тканей и органов.

Нуклеиновые кислоты — это полимеры, построенные из огромного числа мономерных единиц, называемых **нуклеотидами** 168 ▶.

Различают два типа нуклеиновых кислот. **Дезоксирибонуклеиновая кислота (ДНК)** 171 ▶ — двуцепочечный полимер с очень большой молекулярной массой. В одну молекулу могут входить 10^8 и более нуклеотидов (рис. 4). ДНК несёт в себе закодированную информацию о последовательности аминокислот в белках, синтезируемых клеткой, и обладает способностью к воспроизведению.

Рибонуклеиновая кислота (РНК) 172, в отличие от ДНК, бывает в большинстве случаев одноцепочечной. Существует несколько видов РНК: **информационные (иРНК)** 173, **транспортные (тРНК)** 174 и **рибосомальные (рРНК)** 175. Они различаются по структуре, величине молекул, расположению в клетке и выполняемым **функциям** 176.



Вопросы для повторения и задания

1. Назовите основные группы органических веществ, входящих в состав клетки.
2. Из каких простых органических соединений состоят белки?
3. Составьте схему «Функции белков в клетке».
4. Какие химические соединения называют углеводами?
5. Назовите основные функции углеводов. Какие клетки и почему наиболее богаты углеводами?
6. Вспомните из предыдущих курсов биологии, какую функцию выполняет глюкоза в организме человека. Какое количество глюкозы в крови является нормой? Чем опасно резкое снижение концентрации глюкозы в плазме крови?
7. Объясните, почему термины «жиры» и «липиды» не являются синонимами.
8. Какие функции выполняют липиды? В каких клетках и тканях их особенно много?
9. Откуда в организме берётся метаболическая вода?
10. Что такое нуклеиновые кислоты? Какие типы нуклеиновых кислот вы знаете? Чем отличаются РНК и ДНК?
11. Сравните химический состав живых организмов и тел неживой природы. Какие выводы можно сделать на основе этого сравнения?
12. Какие особенности строения атома углерода обуславливают его ключевую роль в формировании молекул органических веществ?



Работа с дополнительными источниками информации

- **Обратитесь к дополнительным печатным источникам информации** — энциклопедиям, монографиям, периодическим научным изданиям.
- **Обратитесь к электронному приложению**, материалы которого являются дополнительным источником информации, раскрывающим содержание ключевых понятий параграфа. Выполните задания Т27—Т29.
- **Подготовьтесь к следующему уроку.** Используя дополнительные источники информации (книги, статьи, ресурсы сети Интернет и др.), сделайте сообщение по ключевым словам и словосочетаниям следующего параграфа.



Обмен веществ и преобразование энергии в клетке

Для поддержания жизнедеятельности клеток в них непрерывно идут процессы биологического синтеза, или биосинтеза. С помощью ферментов из простых низкомолекулярных веществ образуются сложные высокомолекулярные соединения: из аминокислот синтезируются белки, из моносахаридов — сложные углеводы. Азотистые основания включаются в состав нуклеотидов, из которых формируются нуклеиновые кислоты. Разнообразные липиды возникают путём химических превращений сравнительно простых веществ, источником которых служит остаток уксусной кислоты — ацетат. Так образуются жирные кислоты, отличающиеся друг от друга числом атомов углерода в молекуле. Соединяясь с глицерином, они образуют известные нам жиры и масла. В конечном счёте структура всех органических молекул, синтез которых осуществляется с помощью ферментов, определяется совокупностью генов данной клетки — *генотипом*.

Синтезированные вещества используются в процессе роста для построения клеток и их органоидов и для замены израсходованных или разрушенных молекул. Все реакции синтеза идут с поглощением энергии. В ходе реакций распада, наоборот, энергия выделяется.

3. Пластический обмен. Биосинтез белков

Вспомните!

- Аминокислоты • Нуклеотиды • Рибосомы • Генетический код
- РНК • ДНК

Совокупность реакций биологического синтеза называют **пластическим обменом** 177 (или *ассимиляцией*). Название данного вида обмена отражает его сущность: из простых веществ, поступающих в клетку извне, образуются вещества клетки.

Рассмотрим одну из важнейших форм пластического обмена — **биосинтез белков** 178 ▶. Как уже отмечалось, всё многообра-

зие их свойств в конечном счёте определяется последовательностью аминокислот в белковой цепи. Множество отобранных эволюцией уникальных сочетаний аминокислот воспроизводится путём синтеза нуклеиновых кислот с последовательностью азотистых оснований, соответствующей последовательности аминокислот в белках. Каждой аминокислоте в полипептидной цепочке в молекуле ДНК соответствует комбинация из трёх нуклеотидов — **триплет** • 179. Эта зависимость между триплетами оснований и аминокислотами называется **генетическим кодом** • 180. В такой код входит 64 разных триплета — возможные сочетания трёх из четырёх азотистых оснований.

Некоторые аминокислоты кодируются несколькими триплетами. Такая *избыточность кода* повышает надёжность передачи генетической информации. Случайная замена третьего нуклеотида в этих триплетах никак не отразится на структуре синтезируемого белка. В каждой молекуле ДНК, состоящей из миллионов нуклеотидных пар, записана информация о последовательности аминокислот в сотнях различных белков. Каким образом участок молекулы ДНК, несущий информацию о структуре одного белка, отграничивается от других участков? Существуют триплеты, которые «запускают» синтез полинуклеотидной цепочки, и триплеты, которые прекращают синтез, т. е. служат «знаками препинания».

Одно из основных **свойств кода** • 181 — его *специфичность*. Один триплет всегда соответствует одной аминокислоте. Код *универсален* для всего живого — от микроорганизмов до человека.

Для того чтобы синтезировался белок, информация о последовательности аминокислот в его структуре должна быть доставлена к рибосомам — органоидам клетки, осуществляющим синтез белка. Для этого на одной из цепей молекулы ДНК синтезируется одноцепочечная молекула РНК, последовательность нуклеотидов которой точно соответствует (**комплементарна** • 182) последовательности нуклеотидов матрицы — полинуклеотидной цепи ДНК. Так образуется информационная РНК (иРНК), которая затем перемещается в цитоплазму клетки (рис. 5).

В цитоплазме к одному из концов иРНК прикрепляются субъединицы рибосомы, и начинается синтез полипептида. Рибосома перемещается по молекуле иРНК не плавно, а прерывисто, триплет за триплетом (рис. 6).

По мере перемещения рибосомы по молекуле иРНК к полипептидной цепочке одна за другой пристраиваются аминокислоты,



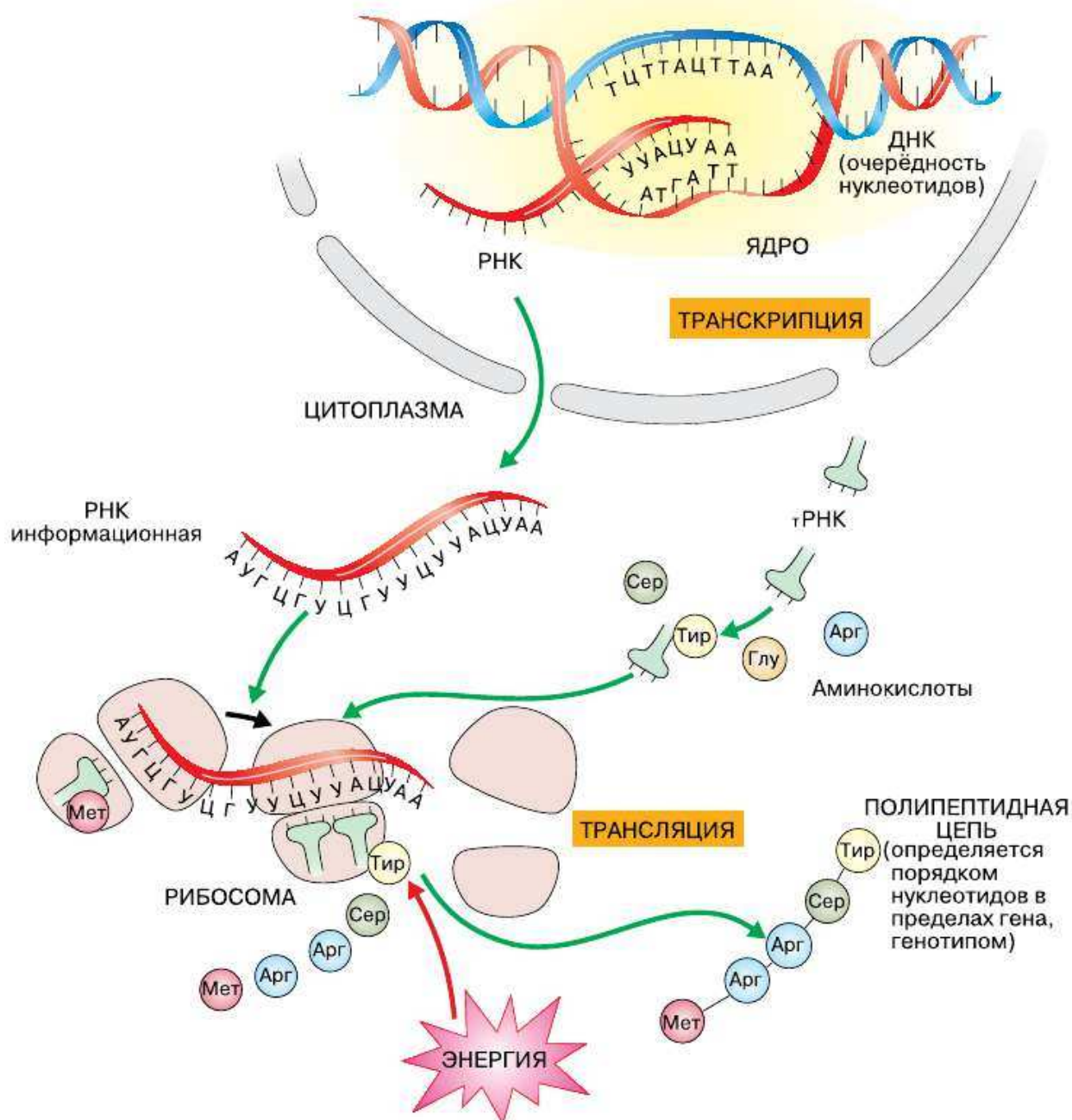


Рис. 5. Схема биосинтеза белка (чёрной стрелкой обозначено направление движения рибосомы)

соответствующие триплетам иРНК. Точное соответствие аминокислоты коду триплета иРНК обеспечивается транспортной РНК. Для каждой аминокислоты существует своя тРНК, один из триплетов которой комплементарен строго определённом триплету иРНК. Точно так же каждой аминокислоте соответствует свой фермент, присоединяющий её к тРНК. После завершения синтеза полипептидная цепочка отделяется от матрицы — молекулы иРНК. Молекула иРНК может использоваться для синтеза

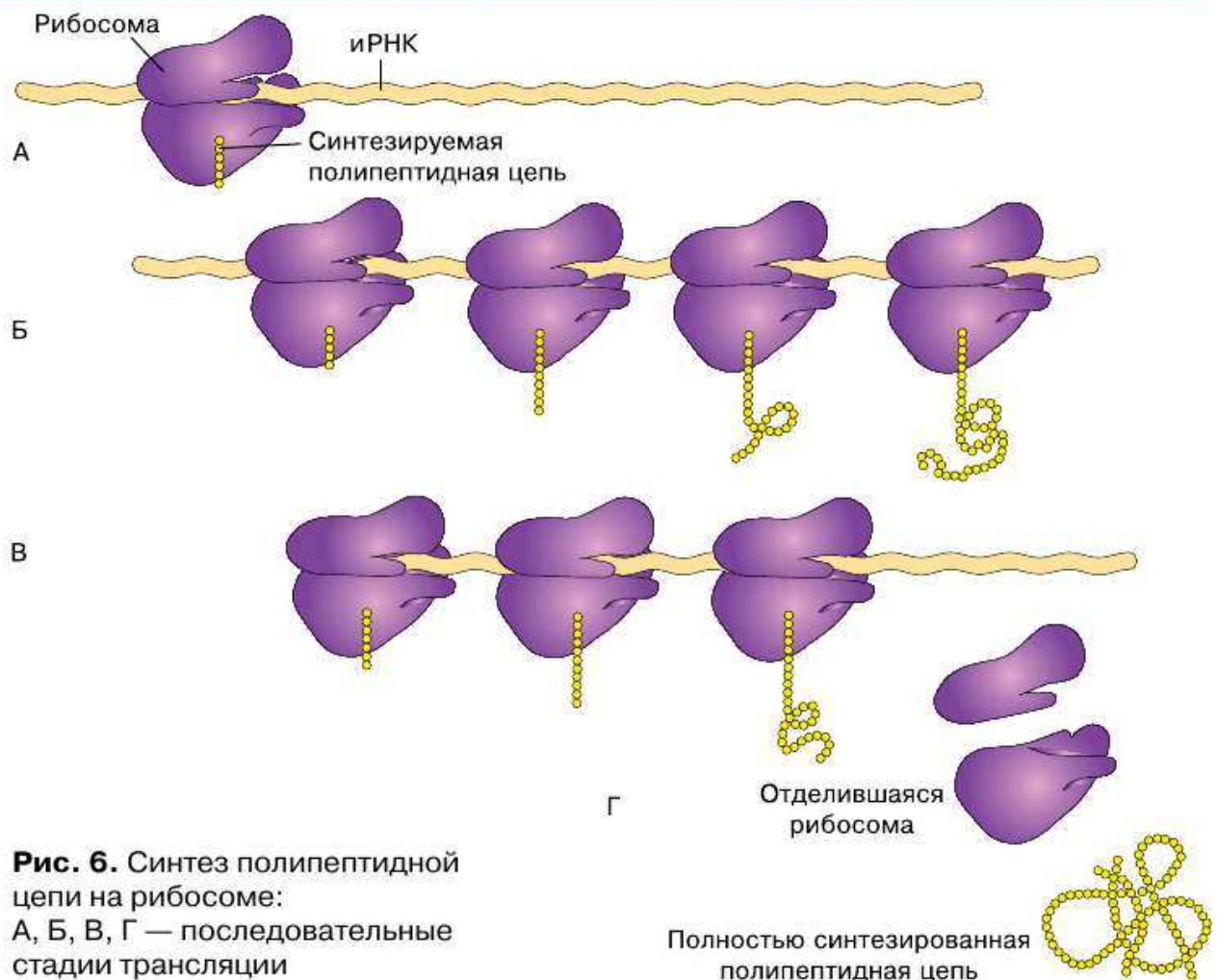


Рис. 6. Синтез полипептидной цепи на рибосоме:
А, Б, В, Г — последовательные
стадии трансляции

полипептидов многократно, как и рибосома. В целом процесс перевода информации, заключённой в последовательности нуклеотидов в ДНК, в последовательность аминокислот в белке показан на рисунке 5.

Описание синтеза белков дано здесь очень упрощённо. На самом деле этот процесс чрезвычайно сложен и связан с участием многих ферментов и затратой большого количества энергии.

Поразительная сложность системы биосинтеза и её высокая энергоёмкость обеспечивают высокую точность и упорядоченность синтеза полипептидов.



Вопросы для повторения и задания

1. Что такое ассимиляция?
2. Составьте и заполните таблицу «Основные свойства генетического кода и их значение».

3. Объясните, почему рибосома перемещается по иРНК не плавно, а прерывисто, по триплетам.
4. Где синтезируются рибонуклеиновые кислоты?
5. В какой части клетки происходит синтез белка?
6. Обсудите в классе, почему биосинтез белка считают одной из важнейших форм пластического обмена.
7. Приведите свои примеры биологических реакций, которые можно отнести к пластическому обмену. Объясните свой выбор.



Работа с дополнительными источниками информации

- **Обратитесь к дополнительным печатным источникам информации** — энциклопедиям, монографиям, периодическим научным изданиям.
- **Обратитесь к электронному приложению**, материалы которого являются дополнительным источником информации, раскрывающим содержание ключевых понятий параграфа. Выполните задания Т30, Т31.
- **Подготовьтесь к следующему уроку.** Используя дополнительные источники информации (книги, статьи, ресурсы сети Интернет и др.), сделайте сообщение по ключевым словам и словосочетаниям следующего параграфа.

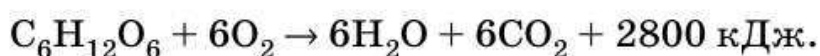
4. Энергетический обмен. Способы питания

Вспомните!

- Брожение • Дыхание • Нитрифицирующие бактерии
- Фотосинтез • Хемосинтез • Фототрофы • Хемотрофы
- Митохондрии

Процессом, противоположным синтезу, является *диссимиляция* — совокупность реакций расщепления. При расщеплении высокомолекулярных соединений выделяется и запасается энергия, необходимая для реакций биосинтеза. Поэтому диссимиляцию называют ещё **энергетическим обменом** 183 клетки.

Химическая энергия питательных веществ заключена в различных ковалентных связях между атомами в молекуле органических соединений. В глюкозе количество потенциальной энергии, заключённой в связях между атомами С, Н и О, составляет 2800 кДж на 1 моль (т. е. на 180 г глюкозы). При расщеплении глюкозы энергия выделяется поэтапно при участии ряда ферментов:



Часть энергии, освобождаемой из питательных веществ, рассеивается в форме теплоты, а часть аккумулируется, т. е. накапливается, в богатых энергией фосфатных связях аденозинтрифосфорной кислоты (АТФ). Именно АТФ обеспечивает энергией все клеточные функции: биосинтез, механическую работу (деление клетки, сокращение мышц), активный перенос веществ через мембраны, поддержание мембранного потенциала в процессе проведения нервного импульса, выделение различных секретов.

Молекула АТФ 184 состоит из азотистого основания аденина, сахара рибозы и трёх остатков фосфорной кислоты. Аденин, рибоза и первый фосфат образуют аденозинмонофосфат (АМФ). Если к первому фосфату присоединяется второй, получается аденозиндифосфат (АДФ). Молекула с тремя остатками фосфорной кислоты (АТФ) наиболее энергоёмка. Отщепление конечного фосфата АТФ сопровождается выделением 40 кДж, а не 12 кДж энергии, как при разрыве обычных химических связей. Благодаря богатым энергией связям в молекулах АТФ клетка может накапливать большое количество энергии и расходовать её по мере надобности. Синтез АТФ осуществляется главным образом в специальных органоидах клетки — **митохондриях** 185 (см. § 6, рис. 11). Отсюда молекулы АТФ поступают в разные участки клетки, обеспечивая энергией процессы жизнедеятельности.

Этапы энергетического обмена. Энергетический обмен обычно делят на три этапа. *Первый этап* — **подготовительный** 186. На этом этапе молекулы ди- и полисахаридов, жиров, белков распадаются на мелкие молекулы — глюкозу, глицерин и жирные кислоты, аминокислоты; крупные молекулы нуклеиновых кислот — на нуклеотиды. При этом выделяется небольшое количество энергии, которая рассеивается в виде теплоты.

Второй этап — **бескислородный** 187, осуществляющийся в цитоплазме клеток. Он называется также *анаэробным дыханием* (**гликолизом** 188) или **брожением** 189. Термин «брожение» обычно применяют по отношению к процессам, протекающим в клетках микроорганизмов или растений. Образующиеся на этом этапе вещества при участии ферментов подвергаются дальнейшему расщеплению. У дрожжевых грибов молекула глюкозы без участия кислорода превращается в этиловый спирт и диоксид углерода (спиртовое брожение). В мышцах в результате анаэробного (бескислородного) дыхания одна молекула глюкозы распадается на две молекулы молочной кислоты. В реакциях расщепления глюкозы участвуют фосфорная кислота и АДФ.

Во всех случаях распад одной молекулы глюкозы сопровождается образованием двух молекул АТФ. В ходе бескислородного расщепления глюкозы в виде химической связи в молекуле АТФ сохраняется 40% энергии, а остальная рассеивается в виде теплоты.

Третий этап энергетического обмена — стадия *аэробного дыхания*, или *кислородного расщепления* 190, реакции которой также катализируются ферментами. При доступе кислорода образовавшиеся в клетке во время предыдущего этапа вещества окисляются до конечных продуктов — H_2O и CO_2 . Это сопровождается выделением большого количества энергии и аккумуляцией её в молекулах АТФ — при окислении двух молекул молочной кислоты образуется 36 молекул АТФ. Следовательно, основную роль в обеспечении клетки энергией играет аэробное дыхание.

Способы питания. В процессе питания организмы получают химические соединения, используемые в дальнейшем для всех процессов жизнедеятельности. По способу получения органических веществ, т. е. по способу питания, все организмы делятся на две группы: автотрофные и гетеротрофные.

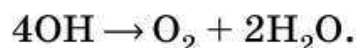
Автотрофы — это организмы, которые способны сами синтезировать необходимые им органические вещества, получая из окружающей среды углерод в виде CO_2 , воду и минеральные соли. К ним относятся некоторые бактерии и все зелёные растения.

В зависимости от того, какой источник энергии автотрофные организмы используют для синтеза органических соединений, их делят на две группы: *фототрофы* и *хемотрофы*. Для фототрофов источником энергии служит свет, а хемотрофы используют энергию, освобождающуюся при окислительно-восстановительных реакциях.

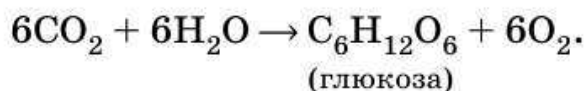
Зелёные растения — фототрофы. При помощи содержащегося в хлоропластах хлорофилла они осуществляют *фотосинтез* — преобразование световой энергии в энергию химических связей. Происходит это следующим образом. Кванты света — фотоны — взаимодействуют с молекулами хлорофилла, в результате чего эти молекулы на очень короткое время переходят в более богатое энергией «возбуждённое» состояние. Стремясь вернуться в исходное состояние, молекулы хлорофилла отдают эту избыточную энергию, которая частично переходит в тепловую. Другая часть избыточной энергии запасается в виде АТФ, т. е. накапливается энергия, необходимая для дальнейших реакций.

В водном растворе всегда присутствуют ионы водорода (H^+) и гидроксид-ионы (OH^-). Часть избыточной энергии возбуждённых молекул хлорофилла тратится на превращение ионов H^+ в атомы водорода, которые активно соединяются со сложными

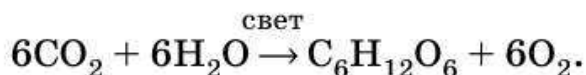
органическими соединениями — переносчиками водорода. Ионы гидроксила OH^- отдают свои электроны другим молекулам и превращаются в свободные радикалы OH . Радикалы OH взаимодействуют друг с другом, в результате чего образуются вода и молекулярный кислород:



Таким образом, *источником молекулярного кислорода, образующегося в процессе фотосинтеза и выделяющегося в атмосферу, является фотолиз — разложение воды под влиянием света*. Кроме фотолиза воды, энергия света используется в световой фазе для синтеза АТФ из АДФ и фосфата без участия кислорода. Это очень эффективный процесс: в хлоропластах образуется в 30 раз больше АТФ, чем в митохондриях тех же растений с участием кислорода. Таким путём накапливается энергия, необходимая для процессов связывания CO_2 . В этих реакциях участвуют молекулы АТФ и атомы водорода, образовавшиеся в процессе фотолиза воды и связанные с молекулами-переносчиками:



Так энергия солнечного света преобразуется в энергию химических связей сложных органических соединений.



Некоторые бактерии, лишённые хлорофилла, тоже способны к синтезу органических соединений, при этом они используют энергию химической реакции неорганических веществ. *Преобразование энергии химических реакций в химическую энергию синтезируемых органических соединений называют хемосинтезом*. К группе автотрофов-хемосинтетиков (хемотрофов) относятся нитрифицирующие бактерии. Некоторые из них используют энергию окисления аммиака в азотистую кислоту, другие — энергию окисления азотистой кислоты в азотную. Известны хемосинтетики, окисляющие двухвалентное железо до трёхвалентного или сероводород до серной кислоты. Фиксируя атмосферный азот, переводя нерастворимые минералы в форму, пригодную для усвоения растениями, хемосинтезирующие бактерии играют важную роль в круговороте веществ в природе.

Организмы, не способные сами синтезировать органические вещества из неорганических, нуждаются в поступлении их из окружающей среды. Эти организмы называют *гетеротрофными*. К ним относят большинство бактерий, грибы и всех животных.



Вопросы для повторения и задания

1. Что такое диссимиляция?
2. Изобразите схематично этапы энергетического обмена.
3. В чём заключается роль АТФ в клетке?
4. В каких структурах клетки осуществляется синтез АТФ?
5. Сравните известные вам типы питания организмов.
6. Какие организмы называют автотрофными? На какие группы делят автотрофные организмы?
7. Почему в результате фотосинтеза у зелёных растений в атмосферу выделяется свободный кислород?
8. Объясните, почему, несмотря на то что в процессе фотосинтеза синтезируется АТФ, фотосинтез относят к пластическому обмену.
9. Что такое хемосинтез? Расскажите о значении хемосинтезирующих бактерий в природе.
10. Какие организмы называют гетеротрофными? Приведите примеры.



Работа с дополнительными источниками информации

- **Обратитесь к дополнительным печатным источникам информации** — энциклопедиям, монографиям, периодическим научным изданиям.
- **Обратитесь к электронному приложению**, материалы которого являются дополнительным источником информации, раскрывающим содержание ключевых понятий параграфа. Выполните задания Т32—Т35.
- **Подготовьтесь к следующему уроку.** Используя дополнительные источники информации (книги, статьи, ресурсы сети Интернет и др.), сделайте сообщение по ключевым словам и словосочетаниям следующего параграфа.

Глава

4

Строение и функции клеток

Различные структуры живой клетки, выполняющие ту или иную функцию, подобно органам целого организма, получили название органоидов или органелл. По строению клетки биологи делят все живые существа на «доядерные» организмы — *прокариоты* и «ядерные» —

эукариоты. В группу прокариот попали все бактерии и синезелёные водоросли (цианеи), а в группу эукариот — грибы, растения и животные.

Таким образом, в настоящее время выделяют два уровня клеточной организации и соответственно два крупных типа клеток: *прокариотический* и *эукариотический*.

Прокариотические организмы сохраняют черты глубочайшей древности: они очень просто устроены. На этом основании их выделяют в самостоятельное надцарство.

5. Прокариотическая клетка

Вспомните!

- Клеточная мембрана • Клеточная стенка
- Спорообразование • Аэробы и анаэробы

Пример типичных **прокариотических клеток** 197 являются собой **бактерии** 198. Они живут повсюду: в воде, в почве, в пищевых продуктах.

Схема строения клетки бактерий представлена на рисунке 7.

Размеры бактерий от 1 до 10—15 мкм. По форме выделяют шаровидные клетки (*кокки*), вытянутые (*палочки*, или *бациллы*) и извитые (*спириллы*) (рис. 8). Некоторые бактерии существуют в виде отдельных клеток, другие образуют скопления.

Бактериям-аэробам для жизнедеятельности необходим кислород, анаэробы живут при отсутствии кислорода, а некоторые бактерии способны существовать и в тех, и в других условиях. Многие бактерии паразитируют в организме животных или растений, вызывая у них заболевания. Есть бактерии, способные к фотосинтезу (например, **цианобактерии** 199) или хемосинтезу (например, **серобактерии** 200), другие обеспечивают процессы гниения и брожения.

Основная особенность строения бактерий — отсутствие ядра. Наследственная информация у них представлена одной кольцевой молекулой ДНК, расположенной в цитоплазме. ДНК у бактерий не образует комплексов с белками, и поэтому все гены, входящие в состав хромосомы, «работают», т. е. с них непрерывно считывается информация. Бактериальная клетка окружена мембраной, поверх которой расположена **клеточная стенка** 202. В цитоплазме находятся рибосомы, осуществляющие синтез белков.

Рис. 7. Строение прокариотической клетки:
 1 — клеточная стенка;
 2 — наружная цитоплазматическая мембрана; 3 — хромосома (кольцевая молекула ДНК);
 4 — впячивание наружной цитоплазматической мембраны;
 5 — стопки мембран, в которых осуществляется фотосинтез;
 6 — рибосомы; 7 — жгутики.
 Внизу — бактерия сальмонелла (электронная микрофотография)

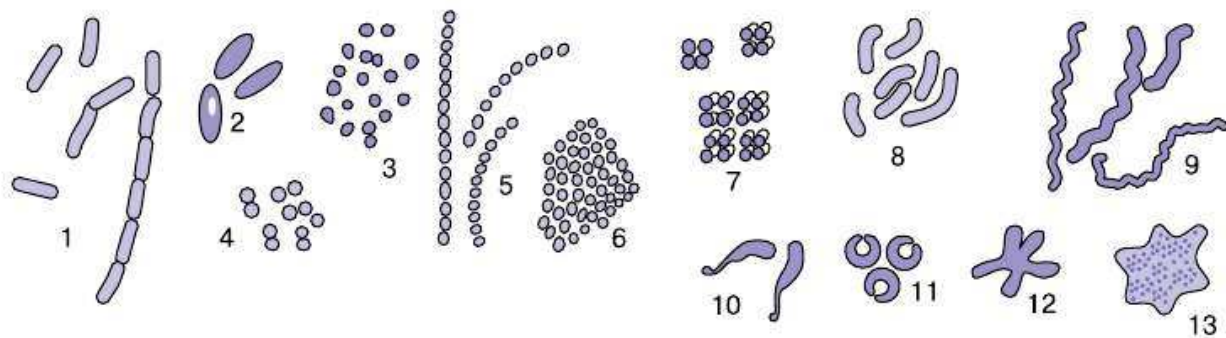
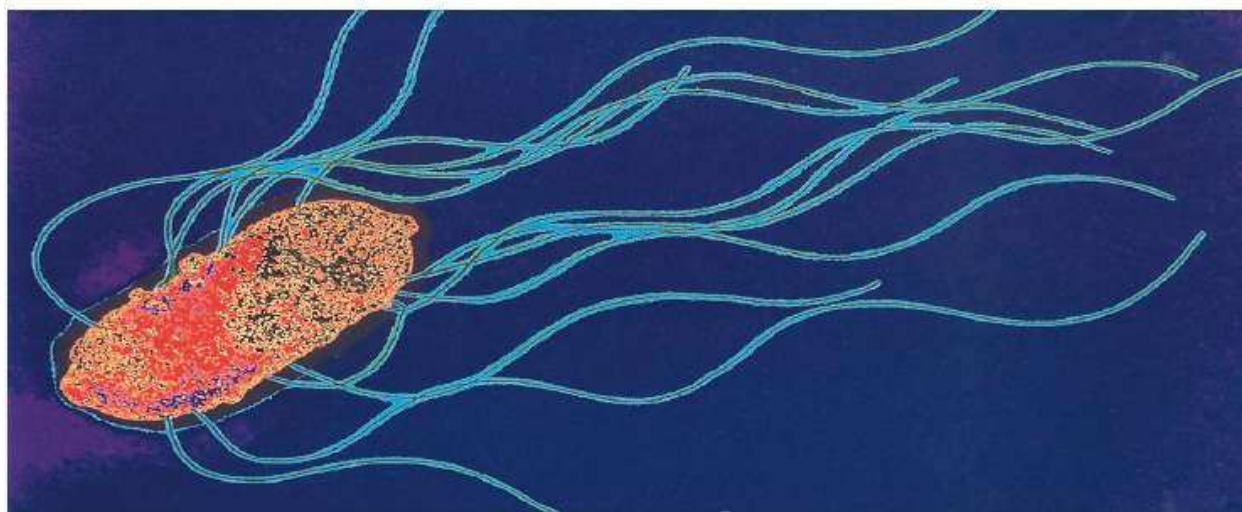
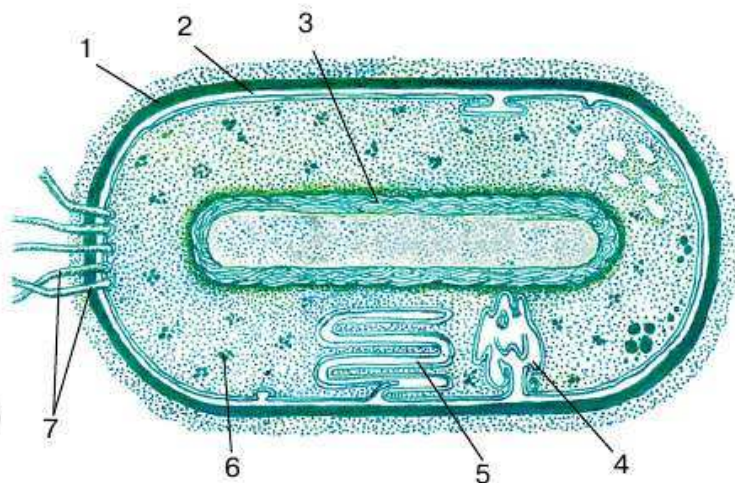


Рис. 8. Формы бактерий: 1 — палочковидные бактерии (палочки, или бациллы);
 2 — веретеновидные палочки; 3 — шаровидные бактерии (кокки); 4 — диплококки;
 5 — стрептококки; 6 — стафилококки; 7 — сарцины; 8 — вибрионы; 9 — спираиллы;
 10 — стебельковые бактерии; 11 — тороиды; 12 — звездообразные бактерии;
 13 — шестиугольные клетки

Рис. 9. Созревшая спора в бактериальной клетке



Ферменты, обеспечивающие процессы жизнедеятельности бактерий, находятся в цитоплазме или расположены на внутренней поверхности мембраны.

У многих микроорганизмов внутри клетки откладываются запасные вещества — полисахариды, жиры. Эти вещества, включаясь в обменные процессы, могут обеспечивать жизнедеятельность клетки при отсутствии внешних источников энергии.

Обычно бактерии размножаются делением надвое.

Бактериям свойственно спорообразование. Споры возникают, как правило, при неблагоприятных условиях, когда ощущается недостаток в питательных веществах или когда в среде в избытке накапливаются продукты обмена. Спорообразование начинается с того, что клетка теряет часть воды и внутри неё обособляется часть цитоплазмы. Эта часть содержит кольцевую ДНК и окружена мембраной и толстой клеточной стенкой (рис. 9). Споры бактерий очень устойчивы. В сухом состоянии они сохраняют жизнеспособность многие сотни и даже тысячи лет, выдерживая резкие колебания температуры. При наступлении благоприятных условий спора даёт начало новой бактериальной клетке.

Следует помнить, что споры у бактерий, в отличие от грибов и растений, служат не для размножения, а для переживания неблагоприятных условий.



Вопросы для повторения и задания

1. По какому признаку все живые организмы делят на две группы — прокариоты и эукариоты? В чём их принципиальные отличия?
2. Какие организмы относят к прокариотам?
3. Изобразите схематично строение бактериальной клетки.
4. В чём сущность и биологический смысл процесса спорообразования у бактерий? Чем споры бактерий отличаются от спор растений?
5. Назовите известные вам бактериальные заболевания. Как передаются эти заболевания? Какие меры профилактики помогают избежать заражения?

6. Почему бактерии считают самыми древними обитателями Земли? Ответ обоснуйте.



Работа с дополнительными источниками информации

- **Обратитесь к дополнительным печатным источникам информации** — энциклопедиям, монографиям, периодическим научным изданиям.
- **Обратитесь к электронному приложению**, материалы которого являются дополнительным источником информации, раскрывающим содержание ключевых понятий параграфа. Выполните задания Т36, Т37.
- **Подготовьтесь к следующему уроку.** Используя дополнительные источники информации (книги, статьи, ресурсы сети Интернет и др.), сделайте сообщение по ключевым словам и словосочетаниям следующего параграфа.

6. Эукариотическая клетка. Цитоплазма

Вспомните!

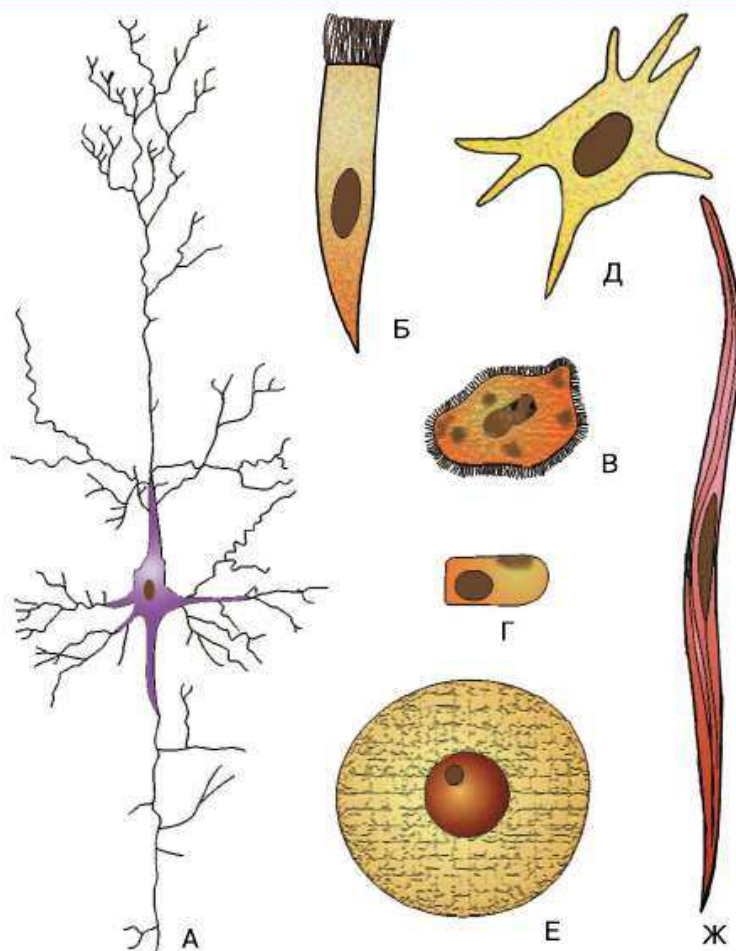
- Одноклеточные организмы • Многоклеточные организмы
- Клеточная мембрана • Полупроницаемость • Органоиды
- Пиноцитоз • Фагоцитоз

Эукариотические клетки 206 самых разнообразных организмов — от простейших (корненожки, жгутиковые, инфузории и др.) до грибов, высших растений и животных — отличаются формой, размерами и особенностями строения (рис. 10). Типичной клетки в природе не существует, но у тысяч различных типов клеток можно выделить общие черты строения (рис. 11).

В растительной клетке есть все органоиды, свойственные и животной клетке: ядро, эндоплазматическая сеть, рибосомы, митохондрии, аппарат Гольджи. Вместе с тем она отличается от животной клетки существенными особенностями строения: 1) прочной клеточной стенкой; 2) особыми органоидами — *пластидами*, в которых происходит первичный синтез органических веществ за счёт энергии света; 3) развитой системой вакуолей, в значительной мере обуславливающих осмотические свойства клеток.

Каждая клетка состоит из двух важнейших, неразрывно связанных между собой частей — цитоплазмы и ядра, окружённых наружной мембраной.

Рис. 10. Форма клеток:
 А — нервная клетка;
 Б—Г — эпителиальные клетки;
 Д — соединительнотканная
 клетка; Е — яйцеклетка;
 Ж — мышечная клетка



Цитоплазма. В **цитоплазме** 207 находится целый ряд структур (органелл, или **органоидов** 215), каждая из которых отличается особенностями строения и выполняет определённую функцию. Есть органоиды, свойственные всем клеткам, — митохондрии, клеточный центр, аппарат Гольджи, рибосомы, эндоплазматическая сеть, лизосомы. Другие органоиды встречаются только в клетках определённого типа — миофибриллы, реснички и т. д.

В цитоплазме откладываются также различные вещества — их называют **включениями** 238. Это непостоянные структуры цитоплазмы (а иногда и ядра), которые, в отличие от органоидов, то возникают, то исчезают в процессе жизнедеятельности клетки. Плотные включения называют **гранулами**. В процессе жизнедеятельности в клетках накапливаются продукты обмена веществ (пигменты, белковые гранулы в секреторных клетках) или запасные питательные вещества (глыбки гликогена, капли жира).

В основе структурной организации клетки лежит **мембранный принцип строения**. Все мембраны клетки имеют сходное строе-

ЖИВОТНАЯ КЛЕТКА

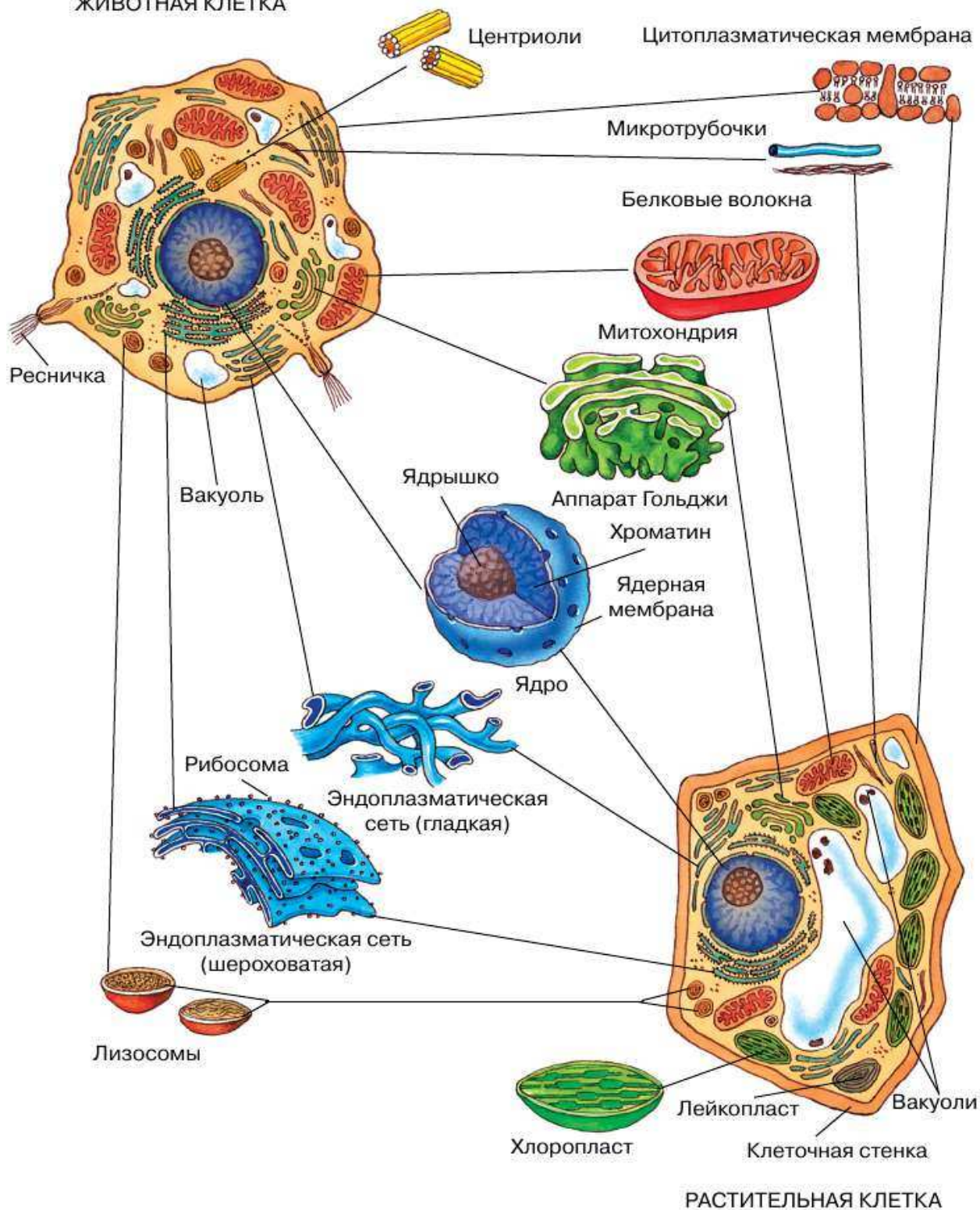
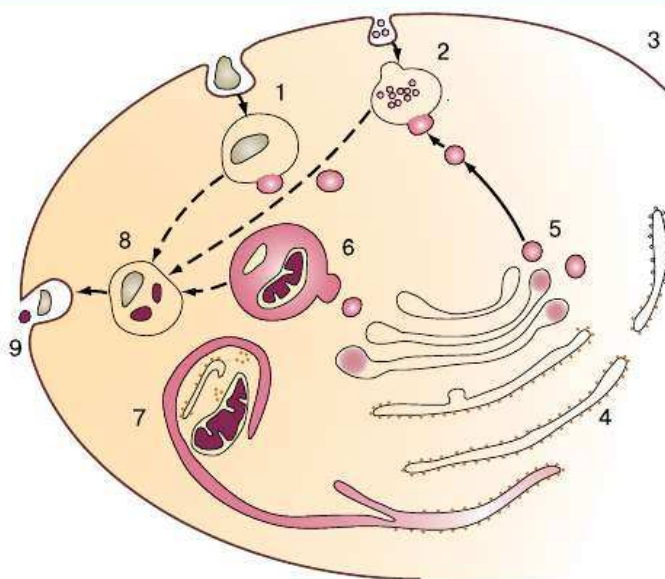


Рис. 11. Схема строения животной и растительной клеток

ние. Они образованы двумя рядами фосфолипидов, в которые на разную глубину с наружной и внутренней стороны погружены многочисленные и разнообразные молекулы белков.

Рис. 12. Схема проникновения веществ в клетку и внутриклеточное пищеварение: 1 — фагоцитоз; 2 — пиноцитоз; 3 — наружная мембрана; 4 — эндоплазматическая сеть; 5 — аппарат Гольджи и лизосомы; 6 — слияние лизосомы с пино- или фагоцитозной вакуолью и образование пищеварительной вакуоли; 7 — подготовка к перевариванию структур клетки; 8 — пищеварительная вакуоль; 9 — удаление непереваренных остатков



Наружная цитоплазматическая мембрана 208 отграничивает содержимое цитоплазмы от внешней среды. Поверхность живой клетки находится в непрерывном движении: на ней возникают выросты и впячивания, она совершает волнообразные колебательные движения, в ней постоянно перемещаются макромолекулы.

Поверхность клетки обладает высокой прочностью и эластичностью, легко и быстро восстанавливает свою целостность при небольших повреждениях. Однако цитоплазматическая мембрана не сплошная: она пронизана многочисленными мельчайшими отверстиями — *порами*, через которые с помощью ферментов внутрь клетки могут проникать ионы и мелкие молекулы. К тому же они могут попадать в клетку и непосредственно через мембрану, причём это не **пассивная диффузия** 209, а **активный избирательный процесс** 210, требующий затрат энергии.

Клеточная мембрана легко проницаема для одних веществ и непроницаема для других. Так, концентрация ионов K^+ в клетке всегда выше, чем в окружающей среде. Напротив, ионов Na^+ всегда больше в межклеточной жидкости. Избирательная проницаемость клеточной мембраны носит название **полупроницаемости** 211.

Помимо указанных двух способов, химические соединения и твёрдые частицы могут проникать в клетку путём пино- и фагоцитоза (рис. 12). Мембрана клеток образует выпячивания, края выпячиваний смыкаются, захватывая межклеточную жидкость (**пиноцитоз** 213) или твёрдые частицы (**фагоцитоз** 212).



Цитоплазматическая мембрана выполняет ещё одну функцию — обеспечивает связь между клетками в тканях многоклеточных организмов: во-первых, путём образования многочисленных складок и выростов, во-вторых, за счёт выделения клетками вещества, заполняющего межклеточное пространство.

У растительной клетки, в отличие от животной, снаружи от цитоплазматической мембраны расположена толстая, состоящая из целлюлозы **клеточная стенка** 214 .

Клетки грибов, как и растений, окружены клеточной стенкой, но она образована не целлюлозой, а хитиноподобным веществом.

Эндоплазматическая сеть 216 — это сложная система мембран, пронизывающая цитоплазму всех эукариотических клеток; у прокариот её нет.

Различают два вида эндоплазматической сети: гладкую и шероховатую. Одной из функций *гладкой эндоплазматической сети* является синтез липидов и углеводов. Особенно обильно гладкая эндоплазматическая сеть представлена в клетках сальных желёз (синтез жиров), в клетках печени (синтез гликогена), в клетках, богатых запасными питательными веществами (семена растений).

На каналах *шероховатой эндоплазматической сети* расположены рибосомы, синтезирующие белок.

Таким образом, *эндоплазматическая сеть* — общая внутриклеточная циркуляционная система, по каналам которой осуществляется транспорт веществ, а в мембраны этих каналов встроены многочисленные ферменты, обеспечивающие жизнедеятельность клетки.

Соседние растительные клетки сообщаются друг с другом посредством каналов эндоплазматической сети, которые переходят из клетки в клетку по цитоплазматическим тяжам через поры в клеточной стенке.

Рибосомы 217 представляют собой тельца, состоящие из двух субъединиц (см. рис. 5, 6). В рибосомах примерно равное количество белка и РНК. Рибосомальная РНК (рРНК) синтезируется в ядре на молекуле ДНК в зоне ядрышка. Там же формируются рибосомы, которые затем покидают ядро.

В цитоплазме рибосомы могут располагаться свободно или прикрепляться к наружной поверхности мембран эндоплазматической сети. Рибосомы есть во всех клетках, как прокариотических, так и эукариотических.

Основной структурный элемент **комплекса (аппарата) Гольджи** 218 — гладкая мембрана, которая образует пакеты уплощённых цистерн, крупные вакуоли или мелкие пузырьки (см. рис. 11). Синтезированные на мембранах эндоплазматиче-

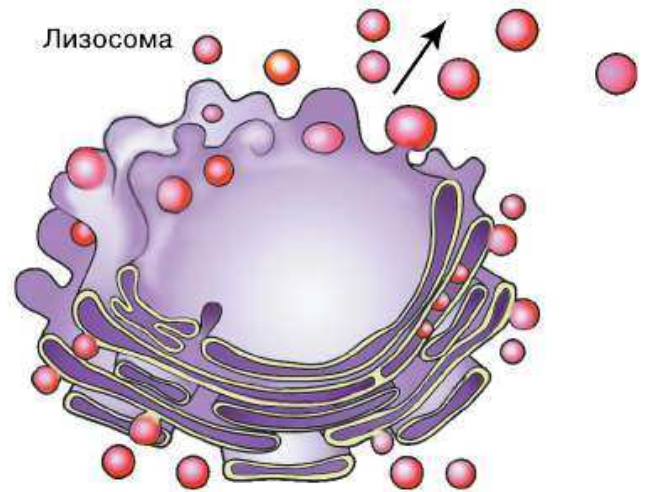


Рис. 13. Образование лизосом в аппарате Гольджи

ской сети белки, полисахариды, жиры транспортируются к комплексу Гольджи, конденсируются внутри его структур и «упаковываются» в виде секрета, готового к выделению, либо используются в самой клетке в процессе её жизнедеятельности.

Лизосомы 220 (от греч. *лизис* — расщепление) — небольшие мембранные пузырьки, которые образуются в основном в комплексе Гольджи (рис. 13). Они заполнены пищеварительными ферментами, способными расщеплять различные вещества. Лизосомы приближаются к пиноцитозным или фагоцитозным вакуолям и сливаются с ними (см. рис. 12). Кроме того, лизосомы могут разрушать структуры самой клетки при их старении, в ходе эмбрионального развития, когда происходит замена зародышевых тканей на постоянные (см. с. 72), и в ряде других случаев.

Митохондрии 221 имеются во всех эукариотических клетках одноклеточных и многоклеточных организмов. Такое распространение митохондрий в животном и растительном мире указывает на важную роль, которую они играют в клетке.

Число митохондрий в разных тканях неодинаково и зависит от активности клетки: их больше там, где интенсивнее синтетические процессы (печень) или велики затраты энергии. Так, в грудной мышце у летающих птиц содержание митохондрий значительно выше, чем у нелетающих.

Стенка митохондрии состоит из двух мембран: наружной и внутренней. Наружная мембрана гладкая, а внутренняя образует складки, или *кristы*. На мембранах крист располагаются многочисленные ферменты, участвующие в энергетическом обмене. Основная функция митохондрий — синтез универсального источника энергии — АТФ.

Пластиды ●222 — органоиды растительных клеток. В них происходит первичный синтез углеводов из неорганических веществ. Различают три вида пластид: 1) **лейкопласты** ●223 — бесцветные пластиды, в которых из моносахаридов и дисахаридов синтезируется крахмал (есть лейкопласты, запасающие белки или жиры); 2) **хлоропласты** ●224 — зелёные пластиды, содержащие пигмент хлорофилл, где осуществляется фотосинтез; 3) **хромопласты** ●225, включающие различные пигменты из группы каротиноидов, обуславливающие яркую окраску цветков и плодов. Пластиды могут превращаться друг в друга. Пластиды содержат собственные ДНК и РНК, рибосомы, способные синтезировать белки, и размножаются делением надвое.

Вакуоли ●226 растительных клеток — это мембранные органоиды. Они образуются из цистерн эндоплазматической сети. Вакуоли заполнены **клеточным соком** ●227, содержащим в растворённом виде белки, углеводы, низкомолекулярные продукты синтеза, витамины, **пигменты** ●228, различные соли. **Осмотическое давление** ●229, создаваемое растворёнными в вакуолярном соке веществами, приводит к тому, что в клетку поступает вода, которая обуславливает **тургор** ●230 — напряжённое состояние клеточной стенки. Это обеспечивает прочность растений к статическим и динамическим нагрузкам.

Клеточный центр ●231 состоит из двух маленьких телец цилиндрической формы, расположенных под прямым углом друг к другу. Эти тельца называют **центриолями** ●232 (см. рис. 11). Клеточный центр играет важную роль в клеточном делении: перед началом деления центриоли расходятся к полюсам клетки и удваиваются. Затем от центриолей начинается рост веретена деления. В растительных клетках высших растений центриолей нет, и веретено деления образуется без их участия.

Цитоскелет ●237. Одной из отличительных особенностей эукариотической клетки является наличие в её цитоплазме скелетных образований в виде микротрубочек и пучков белковых волокон. Опорные элементы цитоплазмы определяют форму клетки, обеспечивают движение внутриклеточных структур и перемещение всей клетки.

? Вопросы для повторения и задания

1. Изобразите схематично строение эукариотической клетки. Обозначьте её основные части и органоиды.

2. Составьте и заполните таблицу «Органоиды эукариотической клетки и их функции».
3. Что такое включения? Чем включения отличаются от органоидов?
4. Сравните принципиальное строение растительной и животной клеток. В чём их сходство и отличия?
5. Выскажите предположение, какие органоиды эукариотической клетки называют полуавтономными. Почему они получили такое название?
6. Приведите доказательства, что клетка представляет собой целостную систему, т. е. такую систему, в которой строение и функции каждой её части зависят от других частей.



Работа с дополнительными источниками информации

- **Обратитесь к дополнительным печатным источникам информации** — энциклопедиям, монографиям, периодическим научным изданиям.
- **Обратитесь к электронному приложению**, материалы которого являются дополнительным источником информации, раскрывающим содержание ключевых понятий параграфа. Выполните задания Т38—Т40.
- **Подготовьтесь к следующему уроку.** Используя дополнительные источники информации (книги, статьи, ресурсы сети Интернет и др.), сделайте сообщение по ключевым словам и словосочетаниям следующего параграфа.

7. Эукариотическая клетка. Ядро

Вспомните!

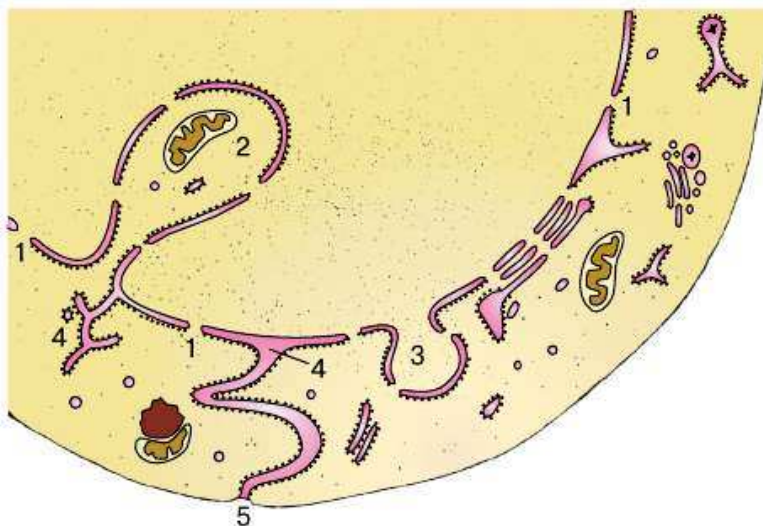
- Доядерные клетки • Генетическая информация
- Хромосома • ДНК • Ядрышко

Ядро 239 — важнейшая составная часть клетки грибов, растений и животных. Клеточное ядро содержит ДНК, т. е. **гены** 240, и благодаря этому выполняет две **главные функции** 241: 1) хранение и воспроизведение генетической информации и 2) регуляцию процессов обмена веществ, протекающих в клетке.

Эукариотическая клетка без ядра обречена на гибель, и ядро тоже не способно к самостоятельному существованию, поэтому цитоплазма и ядро образуют взаимозависимую систему.

Как правило, клетки содержат одно ядро. Однако можно наблюдать и 2—3 ядра в одной клетке, например в **клетках печени**

Рис. 14. Возможные пути обмена веществами между ядром и цитоплазмой:
 1 — перемещение веществ через поры ядерной оболочки; 2 — впячивание цитоплазмы внутрь ядра; 3 — выпячивание ядерной оболочки в цитоплазму; 4 — продолжение мембран ядерной оболочки в каналы эндоплазматической сети; 5 — часть каналов открывается в окружающую (внеклеточную) среду



● 243 . Известны и многоядерные клетки, причём число ядер может достигать нескольких десятков. Форма ядра зависит большей частью от формы клетки, она может быть и совершенно неправильной.

Ядро окружено оболочкой, которая состоит из двух мембран. Ядерная мембрана со стороны, обращённой в цитоплазму, покрыта рибосомами, внутренняя мембрана ядра гладкая. **Ядерная оболочка** ● 245 — часть мембранной системы клетки. Выросты внешней ядерной мембраны соединяются с каналами эндоплазматической сети, образуя единую систему сообщающихся каналов. Между ядром и цитоплазмой осуществляется постоянный обмен веществами (рис. 14).

Несмотря на активный обмен между ядром и цитоплазмой, ядерная оболочка отграничивает ядерное содержимое от цитоплазмы, обеспечивая тем самым различия в их химическом составе. Это необходимо для нормального функционирования ядерных структур.

В гелеобразном ядерном соке располагаются хроматин и одно или несколько ядрышек.

В живой клетке **ядерный сок** ● 246 выглядит бесструктурной массой, заполняющей промежутки между структурами ядра. В состав ядерного сока входят различные белки (в том числе большинство ферментов ядра), свободные нуклеотиды, аминокислоты, а также рибонуклеиновые кислоты (РНК), транспортируемые затем из ядра в цитоплазму.

Хроматином ● 247 (от греч. *хрома* — окраска, цвет) называют комплекс ДНК и белков, интенсивно окрашивающийся не-

которыми красителями и отличающийся по форме от ядрышка. В делящихся клетках молекулы ДНК сильно спирализуются, укорачиваются и приобретают компактные размеры и форму. Такое компактное состояние ДНК называют **хромосомами** 248.

Форма хромосом зависит от положения так называемой первичной перетяжки, или **центромеры** 249, — области, к которой во время деления клетки (митоза) прикрепляются нити веретена деления. Центромера делит хромосому на два плеча, которые могут быть одинаковой или разной длины (рис. 15).

Изучение хромосом позволило установить следующие факты.

1. Во всех соматических клетках любого растительного или животного организма число хромосом одинаково.

2. Половые клетки любого вида организмов всегда содержат вдвое меньше хромосом, чем соматические клетки.

3. У всех организмов, относящихся к одному виду, количество хромосом в клетках одинаково.

Число хромосом не зависит от уровня организации вида и не всегда указывает на его родственные связи: число их может быть одинаковым у представителей очень далёких друг от друга систематических групп — и может сильно различаться у близких по происхождению видов.

Совокупность количественных (число и размеры) и качественных (форма) признаков хромосомного набора соматической клетки называют **кариотипом** 250 (рис. 16).

Число хромосом в кариотипе большинства видов живых организмов чётное. Это объясняется тем, что в каждой соматической клетке находятся две одинаковые по форме и размеру хромосомы: одна — из отцовского организма, вторая — из материнского.

Хромосомы, одинаковые по форме и размеру и несущие одинаковые гены, называют **гомологичными** 251. Хромосомный набор соматической клетки, в котором каждая хромосома имеет себе пару, носит название **двойного** (или **диплоидного** 252) и обозначается $2n$. Из каждой пары гомологичных хромосом в половые клетки попадает только одна хромосома, поэтому хромосомный набор гамет называют **одинарным** (или **гаплоидным** 253) и обозначают $1n$.

После завершения деления клетки хромосомы вновь деспирализуются и перестают быть видимыми в световой микроскоп.

Третья характерная для ядра клетки структура — **ядрышко** 254. Оно представляет собой плотное тельце, погружённое в ядерный сок (см. рис. 11). Ядрышки есть только в неделящихся

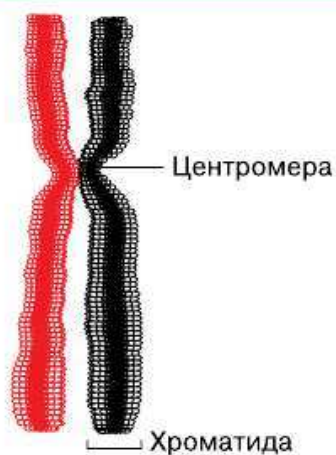
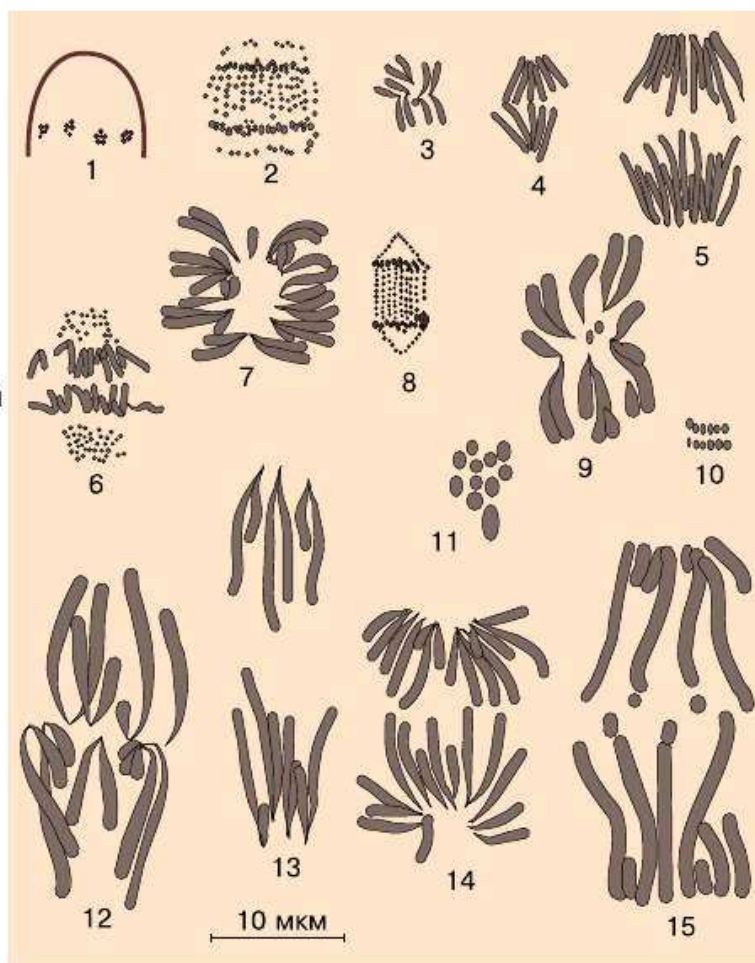


Рис. 15. Общий вид удвоенной спирализованной хромосомы

Рис. 16. Хромосомные наборы организмов разных видов: 1 — мухомор; 2 — липа; 3, 4 — дрозофила; 5 — сёмга; 6 — растение из семейства ароидных; 7 — саранча; 8 — бабочка-хохлатка; 9 — растение из семейства сложноцветных; 10 — цветочный клоп; 11 — водомерка; 12, 13 — зелёные водоросли; 14 — амбистома; 15 — алоэ



ядрах, во время митоза они исчезают, а после завершения деления возникают вновь.

Ядрышко не является самостоятельной структурой ядра. Оно образуется вокруг участка хромосомы, в котором закодирована структура рибосомальной РНК (рРНК). В нём содержится большое число молекул рРНК. В зоне ядрышка происходит также формирование субъединиц рибосом, которые потом перемещаются в цитоплазму. Таким образом, *ядрышко — это скопление рРНК и рибосом на разных этапах формирования.*



Вопросы для повторения и задания

1. Опишите строение ядра эукариотической клетки.
2. Что такое ядрышко? Как вы считаете, можно ли ядрышко выделить из ядра как самостоятельную единую структуру? Объясните свою точку зрения.
3. Что такое хроматин? Опишите строение и состав хромосомы.

4. Как соотносится число хромосом в соматических и половых клетках? Почему число хромосом в половых клетках должно быть вдвое меньше, чем в соматических?
5. Какие хромосомы называют гомологичными?
6. Что такое кариотип?
7. Вспомните строение ДНК бактерий. Выберите критерии и сравните наследственный материал про- и эукариотических клеток.
8. Используя рисунок 14, расскажите, как осуществляется обмен веществами между ядром и цитоплазмой.
9. Используя дополнительные источники информации, приведите примеры числа хромосом у разных видов живых организмов. Сделайте вывод, зависит ли степень сложности организации вида от числа хромосом.
10. Согласны ли вы с утверждением, что ядро является важнейшей частью клетки? Ответ обоснуйте.

Работа с дополнительными источниками информации

- **Обратитесь к дополнительным печатным источникам информации** — энциклопедиям, монографиям, периодическим научным изданиям.
- **Обратитесь к электронному приложению**, материалы которого являются дополнительным источником информации, раскрывающим содержание ключевых понятий параграфа. Выполните задания Т41, Т42.
- **Подготовьтесь к следующему уроку.** Используя дополнительные источники информации (книги, статьи, ресурсы сети Интернет и др.), сделайте сообщение по ключевым словам и словосочетаниям следующего параграфа.

8. Деление клеток

Вспомните!

- *Рост и развитие* • *Генетическая информация* • *Биосинтез*
- *Хроматиды* • *Веретено деления* • *Центриоли*

Жизненный цикл клетки. Митотический цикл клетки. В многоклеточном организме клетки специализированы, т. е. имеют строго определённое строение и функции. В соответствии со специализацией клетки обладают разной продолжительностью жизни. Например, нервные и мышечные клетки после завершения эм-

брионального периода развития перестают делиться и функционируют на протяжении всей жизни организма. Другие — клетки костного мозга, эпидермиса, эпителия тонкого кишечника — в процессе осуществления своей специфической функции быстро погибают, и поэтому в этих тканях клетки непрерывно размножаются.

*Промежуток времени от момента возникновения клетки в результате деления до её гибели или до следующего деления представляет собой **жизненный цикл клетки** 255.* В это время клетка растёт, специализируется и выполняет свои функции в составе ткани и органов. В тех тканях, где клетки непрерывно делятся (костный мозг, эпителий кишки и др.), у части из них жизненный цикл совпадает с митотическим циклом.

Митотическим циклом 256 называют совокупность последовательных и взаимосвязанных процессов в период подготовки клетки к делению, а также на протяжении самого митоза (рис. 17).

Синтез ДНК. Из рисунка 17 видно, что после завершения митоза клетка может вступить в период подготовки к синтезу ДНК (G_1). В это время в клетке усиленно образуются РНК и белки, повышается активность ферментов, участвующих в биосинтезе. Затем клетка приступает к синтезу ДНК или её **редупликации** 259 — удвоению. Две спирали старой молекулы ДНК расходятся, и каждая становится матрицей для воспроизводства новой цепи ДНК (рис. 18). В результате каждая из двух дочерних молекул ДНК включает одну старую спираль и одну новую. Удвоение молекул ДНК происходит с удивительной точностью: новая молекула абсолютно идентична старой. В этом заключается глубокий биологический смысл, потому что нарушение структуры ДНК, приводящее к искажению генетического кода, сделало бы невозможным сохранение и передачу по наследству генетической информации, обеспечивающей развитие присущих организму признаков.

Продолжительность синтеза ДНК — S -фазы митотического цикла — в разных клетках неодинакова: от нескольких минут у бактерий до 6—12 ч в клетках млекопитающих.

После завершения S -фазы клетка, как правило, не сразу начинает делиться (см. рис. 17). По окончании синтеза ДНК происходит подготовка клетки к митозу (G_2). Для осуществления митоза, кроме удвоения ДНК, необходимы и другие подготовительные процессы, в том числе удвоение центриолей, синтез белков, из которых строится веретено деления, завершение роста клетки.

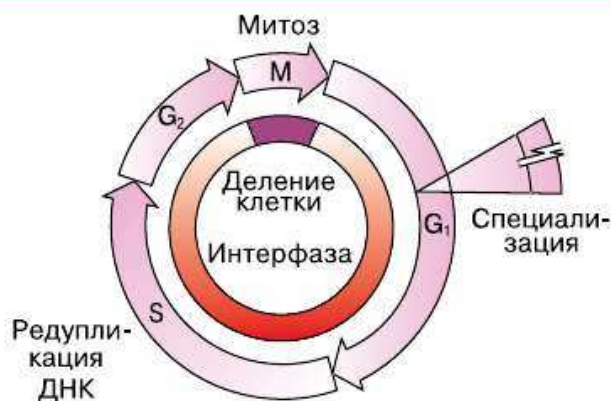
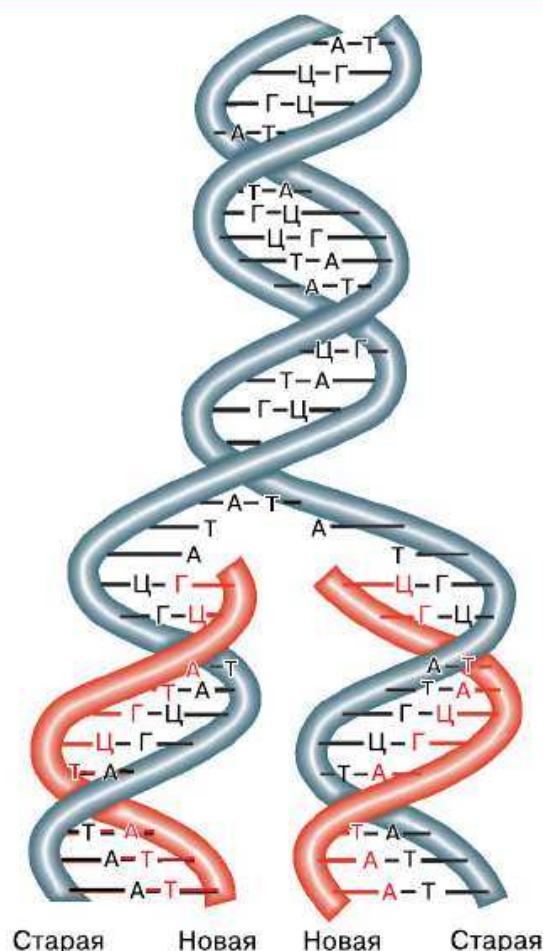


Рис. 17. Митотический цикл клетки

Рис. 18. Схема редупликации ДНК: двойная спираль молекулы ДНК расплетается, и рядом со старой цепочкой нуклеотидов синтезируется новая; формируются новые двойные молекулы ДНК



Митоз 257 состоит из четырёх фаз: профазы, метафазы, анафазы, телофазы (рис. 19, 20).

В **профазе** 260 увеличивается объём ядра, хромосомы, спирализуясь, становятся видимыми, центриоли расходятся к полюсам клетки. В результате спирализации хромосом считывание генетической информации с ДНК становится невозможным, и синтез РНК прекращается. Между полюсами начинают образовываться нити **веретена деления** 261 — аппарата, обеспечивающего расхождение хромосом к полюсам клетки. В конце профазы ядерная оболочка исчезает. На протяжении профазы продолжается спирализация хромосом, которые утолщаются и укорачиваются. После распада ядерной оболочки хромосомы свободно и беспорядочно лежат в цитоплазме.

В **метафазе** 262 спирализация хромосом достигает максимума; укороченные хромосомы располагаются в экваториальной плоскости клетки. В этот период хорошо заметно, что хромосомы состоят из двух сестринских хроматид, соединённых только в об-

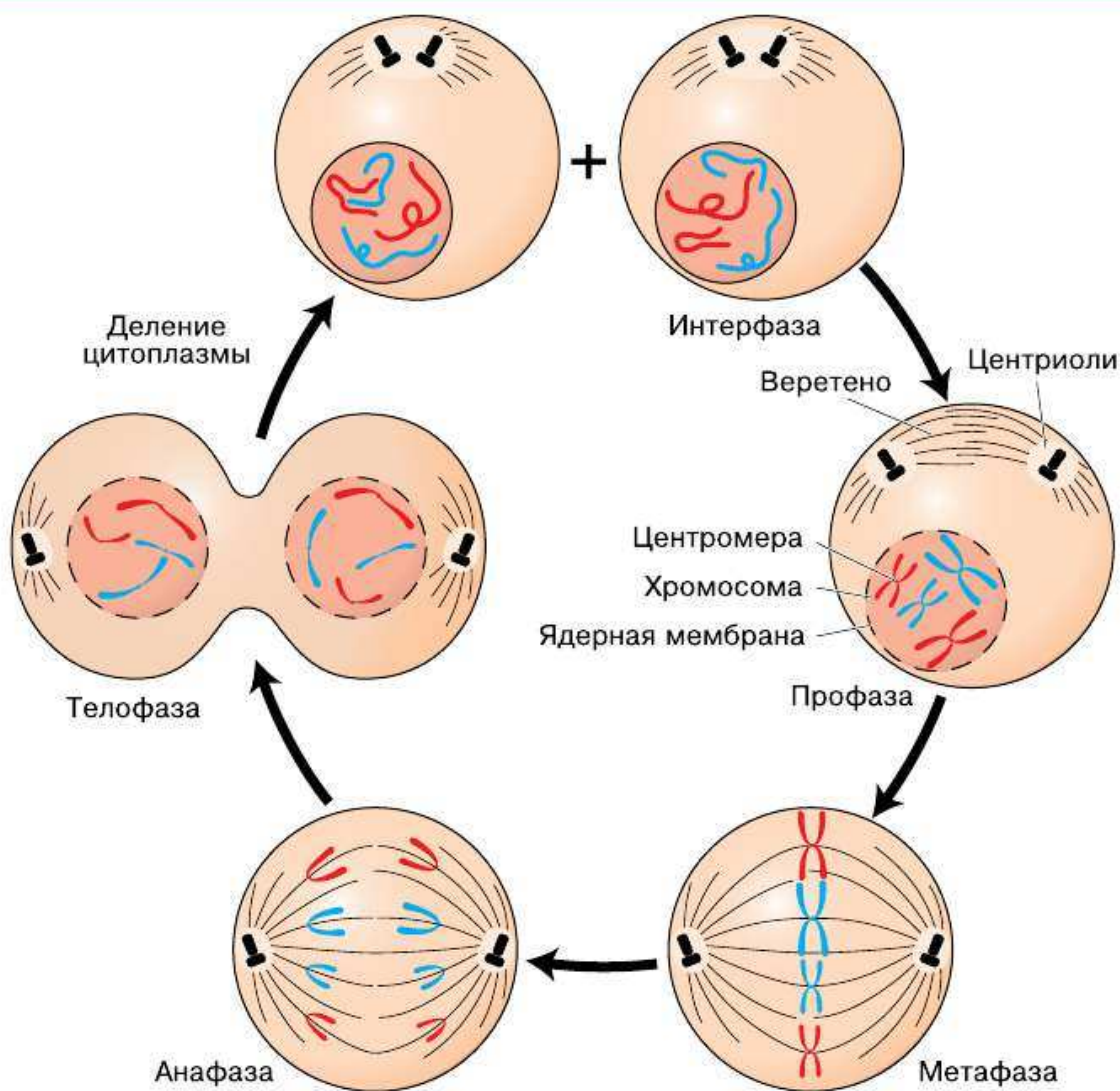


Рис. 19. Схема митотического деления клетки

ласти центромеры. Митотическое веретено уже полностью сформировано. Его нити присоединяются к центромерам хромосом.

В **анафазе** 263 центромера каждой из хромосом разделяется, и с этого момента хроматиды становятся самостоятельными дочерними хромосомами. Нити веретена, прикрепленные к центромерам, тянут хромосомы к полюсам клетки. Таким образом, в анафазе хроматиды удвоенных ещё в интерфазе хромосом становятся самостоятельными хромосомами и расходятся к полюсам клетки. В этот момент в клетке находятся два диплоидных набора хромосом. Завершается митоз **телофазой** 264. Хромосомы, собравшиеся у полюсов, деспирализуются и становятся плохо видимыми. Из мембранных структур эндоплазматической сети цитоплазмы образуется ядерная оболочка. В клетках животных

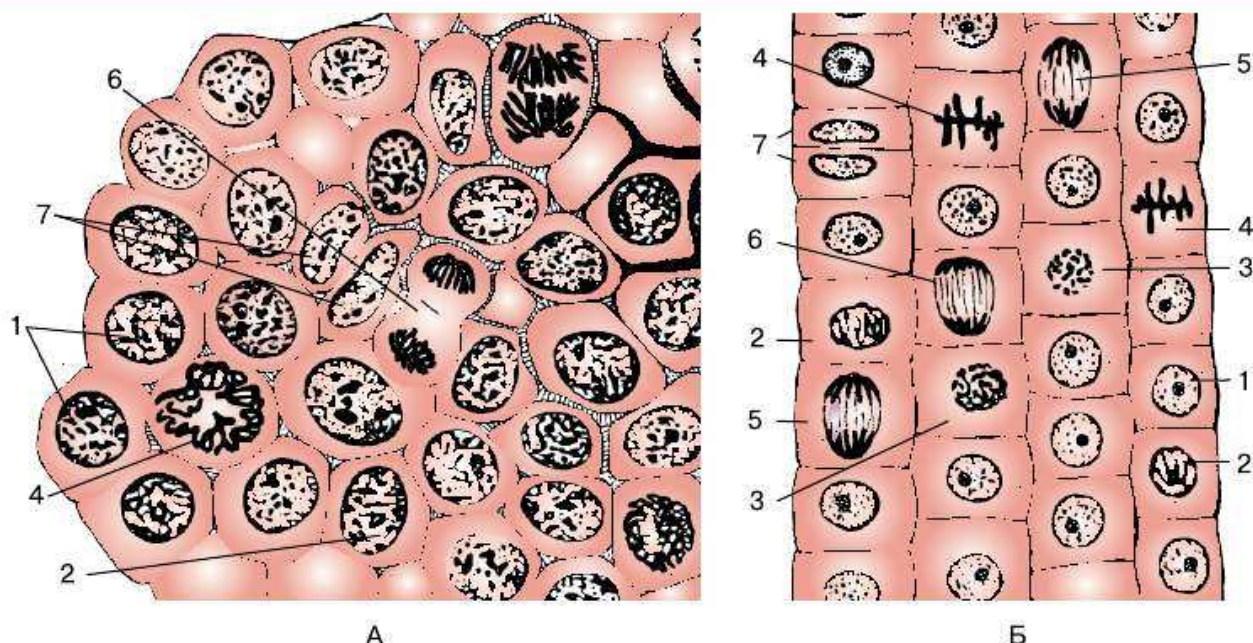


Рис. 20. Митоз:

А — в клетках кожи тритона; Б — в клетках корешка лука. Видны клетки, находящиеся в стадии: 1 — интерфазы; 2 — профазы; 3, 4 — метафазы; 5, 6 — ранней и поздней анафазы; 7 — телофазы

цитоплазма делится путём перетяжки тела клетки на две меньших размеров, каждая из которых содержит один диплоидный набор хромосом. В клетках растений цитоплазматическая мембрана возникает в середине клетки и распространяется к периферии, разделяя клетку пополам. После образования поперечной цитоплазматической мембраны у растительных клеток появляется целлюлозная стенка.

В митотическом цикле клетки митоз — относительно короткая стадия, продолжающаяся обычно от 0,5 до 3 ч. Все дочерние клетки, образовавшиеся в результате митоза, содержат одинаковый набор хромосом и одни и те же гены. Следовательно, *митоз — это способ деления клеток, заключающийся в точном распределении генетического материала между дочерними клетками* 258. В результате митоза обе дочерние клетки получают диплоидный набор хромосом.

Биологическое значение митоза огромно. Постоянство строения и правильность функционирования органов и тканей многоклеточного организма были бы невозможны без сохранения одинакового набора генетического материала в бесчисленных клеточных поколениях. Митоз обеспечивает такие важные моменты жизнедеятельности, как эмбриональное развитие, рост, восста-

новление органов и тканей после повреждения, поддержание структурной целостности тканей при постоянной утрате клеток в процессе их функционирования (замещение погибших эритроцитов, слущивающихся клеток кожи, эпителия кишечника и пр.).



Вопросы для повторения и задания

1. Что такое жизненный цикл клетки?
2. Чем митотический цикл клетки отличается от жизненного цикла?
3. Почему при подготовке к делению клетки обязательно должно произойти удвоение молекул ДНК?
4. В чём заключается подготовка клетки к митозу?
5. Составьте и заполните таблицу «Фазы митоза».
6. Объясните, почему в клетках растений и в клетках животных деление цитоплазмы происходит по-разному.
7. Вместе с товарищами по классу сделайте коллаж «Значение митоза в природе».



Работа с дополнительными источниками информации

- **Обратитесь к дополнительным печатным источникам информации** — энциклопедиям, монографиям, периодическим научным изданиям.
- **Обратитесь к электронному приложению**, материалы которого являются дополнительным источником информации, раскрывающим содержание ключевых понятий параграфа. Выполните задания Т43, Т44.
- **Подготовьтесь к следующему уроку.** Используя дополнительные источники информации (книги, статьи, ресурсы сети Интернет и др.), сделайте сообщение по ключевым словам и словосочетаниям следующего параграфа.

9. Клеточная теория строения организмов. Вирусы

Вспомните!

- Теория • Гипотеза • Постулат • Аксиома
- Неклеточные формы жизни

Как вам уже известно, клетка служит основой строения всех живых организмов: растений, животных, грибов и микроорганизмов. Для прокариот и простейших, низших грибов и некоторых

водорослей понятия «клетка» и «организм» совпадают. Можно сказать, что *клетка — это элементарная биологическая система, способная к самообновлению, самовоспроизведению и развитию*.

Такое представление о клетке установилось в науке не сразу. Сама клетка (точнее, клеточная оболочка) была открыта в XVII в. английским физиком **Р. Гуком** 265. Рассматривая под микроскопом срез пробки, Гук обнаружил, что она состоит из ячеек, разделённых перегородками. Эти ячейки он назвал клетками. Долгое время главной частью клетки считали её оболочку. Лишь в XIX в. учёные обратили внимание на полужидкое студенистое содержимое, заполняющее клетку. В 1831 г. английский ботаник **Б. Броун** 266 обнаружил в клетках ядро. Это открытие послужило важной предпосылкой для установления сходства между клетками растений и животных. Ботаник **М. Шлейден** 267 доказал, что ядро есть в любой растительной клетке.

В конце 30-х гг. XIX в. зоолог **Т. Шванн** 268, обобщив накопленные сведения о строении живых организмов, пришёл к заключению, что клетка — их главная структурная единица и что именно образование клеток обуславливает рост и развитие тканей.

Клеточная теория 269 строения была сформулирована и опубликована Т. Шванном в 1839 г. Она сыграла огромную роль в развитии биологии. Исчезла казавшаяся непроходимой пропасть между царством растений и царством животных. Провозглашая единство живого мира, клеточная теория послужила одной из предпосылок возникновения теории эволюции Ч. Дарвина.

Позднее клеточная теория была развита многими учёными. Немецкий врач **Р. Вирхов** 270 доказал, что вне клеток нет жизни, что главная составная часть клетки — ядро и что клетки образуются только от клеток. Дальнейшее совершенствование микроскопической техники, создание электронного микроскопа и появление методов молекулярной биологии позволили глубже проникнуть в тайны клетки, познать её сложную структуру и многообразие протекающих в ней биохимических процессов.

В настоящее время основные положения клеточной теории можно сформулировать следующим образом:

- 1) клетка является структурно-функциональной единицей, а также единицей развития всех живых организмов;
- 2) все клетки имеют сходное строение, химический состав и общие принципы жизнедеятельности;

3) клетки образуются только делением предшествующих им клеток;

4) клеточное строение организмов — свидетельство того, что всё живое имеет единое происхождение.

Неклеточные формы жизни — *вирусы* — устроены проще, чем клетки даже самых примитивных бактерий. Они состоят из нуклеиновой кислоты, одетой в белковую (или более сложную) оболочку. Проявлять свойства живых организмов (в том числе размножаться) вирусы могут, только попав в клетку. Они являются *внутриклеточными паразитами, осуществляют паразитизм на генетическом уровне*. Они вносят в клетку свою нуклеиновую кислоту (их *геном*), которая может встраиваться в хромосомы клетки-хозяина и существовать в таком виде неопределённо долгое время. И, в какой-то момент активизируясь, «заставлять» клетку-хозяина синтезировать вещества по программе своего (вирусного) генома.

Открыл вирусы русский учёный Д. И. Ивановский. Он в 1892 г. описал необычные свойства возбудителя болезни табака, так называемой табачной мозаики. Возбудитель этого заболевания проходил через бактериальные фильтры, заражая здоровые растения. Через несколько лет обнаружили, что возбудитель ящура — болезни, нередко встречающейся у домашнего скота, — также проходит через бактериальные фильтры. Наконец, в 1917 г. был открыт *бактериофаг* — вирус, поражающий бактерии. Эти три события положили начало новой науке — *вирусологии*, изучающей неклеточные формы жизни.

Вирусы играют большую роль в жизни человека. Они являются возбудителями ряда опасных заболеваний: СПИДа, оспы, гепатита, энцефалита, краснухи, кори, бешенства, гриппа и др.

Строение вируса. Просто организованные вирусы состоят из нуклеиновой кислоты и нескольких белков, образующих вокруг неё оболочку — *капсид* (от лат. *капса* — вместилище). Примером таких вирусов является вирус табачной мозаики (рис. 21). Его капсид содержит всего один вид белка с небольшой молекулярной массой. Сложноорганизованные вирусы имеют дополнительную оболочку — белковую или липопротеиновую; иногда в наружных оболочках сложных вирусов, помимо белков, содержатся углеводы. Примером сложноорганизованных вирусов служат возбудители гриппа и герпеса. Их наружная оболочка — это фрагмент ядерной или цитоплазматической мембраны клетки-хозяина, из которой вирус выходит во внеклеточную среду.

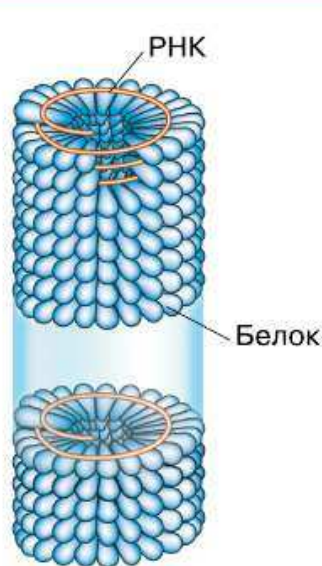


Рис. 21. Строение вируса табачной мозаики

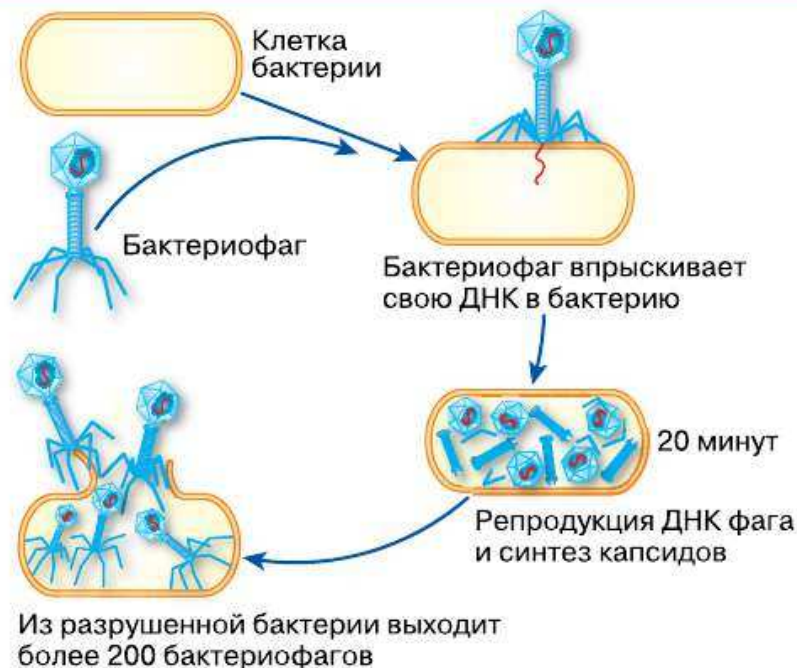


Рис. 22. Схема взаимодействия бактериофага с бактериальной клеткой

Взаимодействие вируса и клетки. Вместе с капельками жидкости при образовании пиноцитозных вакуолей из межклеточной среды случайно внутрь клетки могут попадать и вирусы, циркулирующие в жидкостях организма.

Однако, как правило, механизм проникновения вируса в клетку делает инфекционный процесс специфичным. Так, вирус гепатита А или В проникает и размножается только в клетках печени, аденовирусы и вирус гриппа — в клетках эпителия слизистой оболочки верхних дыхательных путей и т. д. Вирус иммунодефицита человека (ВИЧ) специфически связывается с клетками крови — лейкоцитами, отвечающими за иммунологическую защиту организма. Его взаимодействие с клетками приводит к снижению их функциональной активности и проявляется у человека в виде *иммунодефицита* — неспособности противостоять различным инфекциям.

Инфекционный процесс начинается с проникновения вирусов в клетку и их размножения. Накопление вирусных частиц приводит к выходу их из клетки. Для одних вирусов это происходит вследствие «взрыва», в результате чего целостность клетки нарушается и она погибает. Другие вирусы выделяются способом, напоминающим почкование. В этом случае клетки организма могут долго сохранять жизнеспособность. Иной путь проникновения в клетку у вирусов бактерий — бактериофагов (рис. 22). Тол-

стые клеточные стенки бактерий не позволяют вирусу погружаться в цитоплазму, как это происходит при инфицировании клеток животных. Поэтому бактериофаг вводит полый стержень в клетку и выталкивает через него свою нуклеиновую кислоту, находящуюся в головке. Геном бактериофага попадает в цитоплазму, а капсид остаётся снаружи. В цитоплазме бактериальной клетки начинается синтез белков бактериофага и формирование капсида. Через некоторое время бактериальная клетка гибнет и зрелые фаговые частицы выходят в окружающую среду.

Происхождение вирусов. Вирусы представляют собой автономные генетические структуры, неспособные, однако, развиваться вне клетки. Предполагают, что вирусы и бактериофаги — обособившиеся генетические элементы клеток, которые эволюционировали вместе с клеточными формами.



Вопросы для повторения и задания

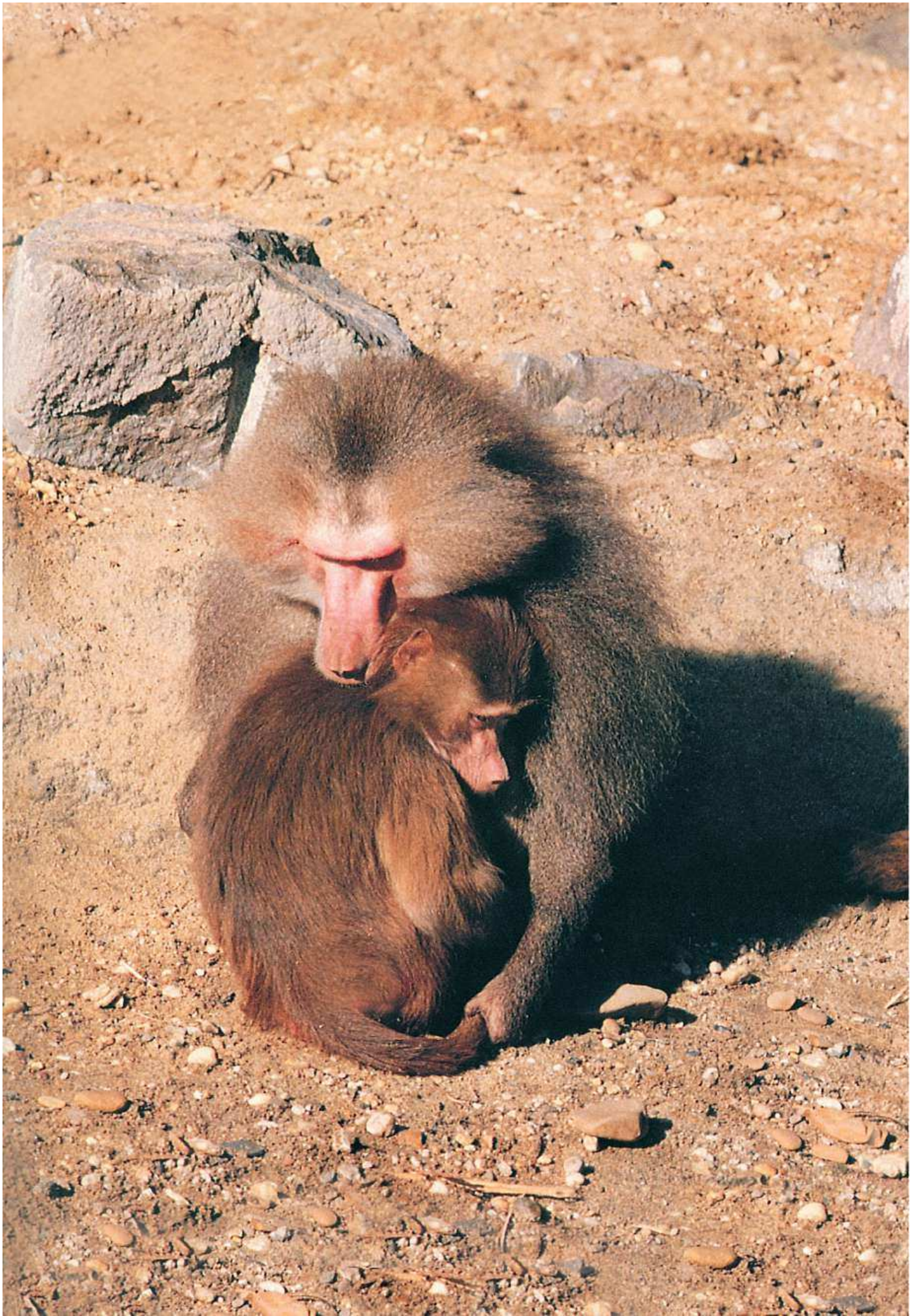
1. Подготовьте сообщение или презентацию «История открытия клетки».
2. Изложите основные положения современной клеточной теории.
3. Согласны ли вы с утверждением, что клеточная теория не могла быть создана одним человеком, её появление — результат труда многих поколений учёных? Объясните свою точку зрения.
4. Почему создание клеточной теории зависело от развития и совершенствования техники?
5. Почему существование неклеточной формы жизни — вирусов — не противоречит основным положениям клеточной теории? Обсудите в классе, почему вирус можно считать формой жизни.
6. Подготовьте сообщение о цели и современных возможностях выведения новых штаммов вирусов.



Работа с дополнительными источниками информации

- **Обратитесь к дополнительным печатным источникам информации** — энциклопедиям, монографиям, периодическим научным изданиям.
- **Обратитесь к электронному приложению**, материалы которого являются дополнительным источником информации, раскрывающим содержание ключевых понятий параграфа. Выполните задания Т45—Т47.
- **Подготовьтесь к следующему уроку.** Используя дополнительные источники информации (книги, статьи, ресурсы сети Интернет и др.), сделайте сообщение по ключевым словам и словосочетаниям следующего параграфа.







Раздел

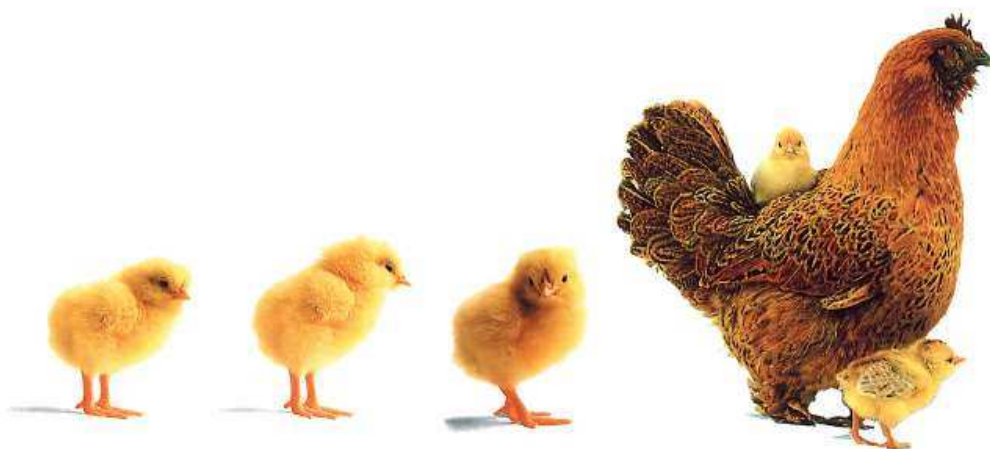


Размножение и индивидуальное развитие организмов

Способность к размножению, или самовоспроизведению, — одна из важнейших характеристик органической природы. Размножение — свойство, присущее всем без исключения живым организмам, от бактерий до млекопитающих.

Существование любого вида животных и растений, бактерий и грибов, преемственность между родительскими особями и их потомством поддерживаются только благодаря размножению. Способы размножения у различных организмов могут очень сильно отличаться друг от друга, но в основе любого размножения лежит деление клетки.

Тесно связано с самовоспроизведением и другое свойство живых организмов — развитие. Оно также присуще всему живому на Земле: и мельчайшим одноклеточным организмам, и многоклеточным растениям, животным и грибам.



Размножение организмов

Известны различные формы размножения, но все они могут быть объединены в два типа: половое и бесполое.

Половым размножением называют смену поколений и развитие организмов из специализированных — половых — клеток, образующихся в половых железах. При этом новый организм развивается, как правило, в результате слияния двух половых клеток, образованных разными родителями. Однако у беспозвоночных животных нередко сперматозоиды и яйцеклетки формируются в теле одного организма. Такое явление — обоеполость — называют **гермафродитизмом** 277. У большинства видов покрытосеменных (цветковых) растений цветок включает и тычинки, в которых образуются мужские половые клетки — спермии, и пестики, в завязи которых формируются яйцеклетки. Такие цветки называют двуполыми (обоеполыми). Примерно у четверти видов мужские (тычиночные) и женские (пестичные) цветки развиваются независимо, т. е. у них цветки однополые. Примером может служить конопля. У некоторых растений — кукурузы, берёзы — и мужские, и женские цветки возникают на одной особи.

У некоторых видов животных и растений наблюдается развитие из неоплодотворённой яйцеклетки. Такое размножение называют *девственным* или *партеногенетическим*.

Бесполое размножение характеризуется тем, что новая особь развивается из неполовых, соматических (телесных) клеток.

Рассмотрим подробнее оба типа размножения.

10. Бесполое размножение

Вспомните!

- Митоз • Спора • Почкование • Регенерация
- Вегетативное размножение

При бесполом размножении новый организм может возникнуть из одной клетки или из нескольких неполовых (соматических)

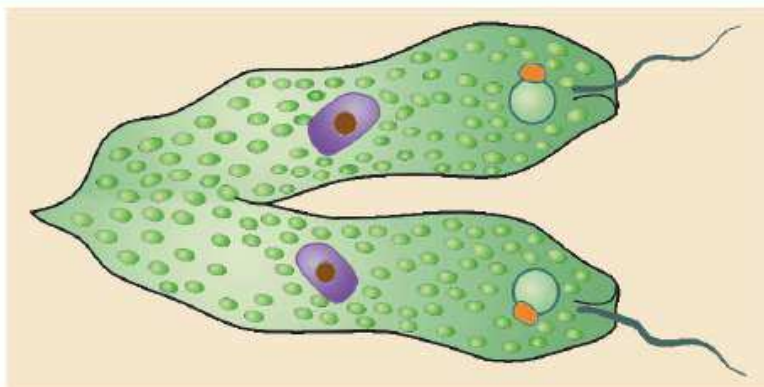


Рис. 23. Размножение эвглены зелёной

клеток материнской особи. В размножении участвует только одна родительская особь. Поскольку клетки, дающие начало дочерним организмам, возникают в результате митоза, то все потомки сходны по наследственным признакам с материнской особью.

Многие простейшие (амёбы, эвглена зелёная и др.), одноклеточные водоросли (хламидомонада) размножаются путём **митотического деления клетки** 272 (рис. 23). Другим одноклеточным — некоторым низшим грибам, водорослям (хлорелла), животным (малярийный плазмодий) свойственна шизогония. При этом клетка распадается на большое число особей, равное количеству ядер, заранее образовавшихся в ней в результате многократного деления её ядра. Многоклеточные организмы способны к **спорообразованию** 273: это мхи, высшие грибы, многоклеточные водоросли, папоротникообразные и некоторые другие.

Способом бесполого размножения является также **почкование** 275. Например, у дрожжевых грибов (рис. 24) и некоторых инфузорий (сосущие инфузории) при почковании на материнской клетке первоначально образуется небольшой бугорок, содержащий ядро, — почка. Она растёт, достигает размеров, близких к размерам материнского организма, и затем отделяется, переходя к самостоятельному существованию. У многоклеточных (пресноводная гидра) почка состоит из группы клеток обоих слоёв стенки тела. Почка растёт, удлиняется, на переднем её конце появляется ротовое отверстие, окружённое щупальцами. Образуется маленькая гидра, которая затем отделяется от материнского организма (рис. 25).

У других многоклеточных животных существует бесполое размножение путём **фрагментации тела** 276 ► на отдельные части

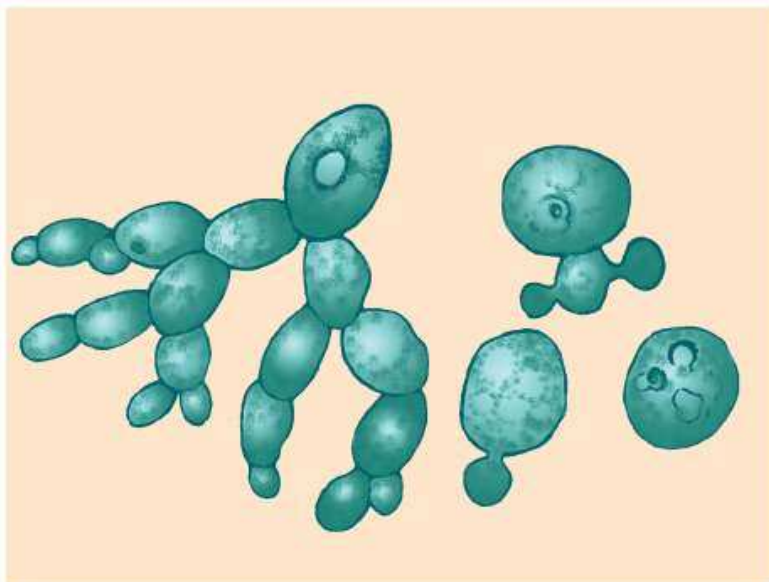


Рис. 24. Почкование дрожжевых грибов

Рис. 25. Почкование у кишечнорастворимых: на теле материнского организма образуется самостоятельный организм



(медузы, кольчатые черви, плоские черви, иглокожие). Из каждой такой части развивается полноценная особь.

У растений широко распространено **вегетативное размножение** 274, т. е. частями тела — черенками, усами, клубнями (рис. 26). Так, картофель размножается видоизменёнными подземными частями стебля — клубнями. У жасмина, ивы легко укореняются побеги — черенки. С помощью черенков размножают виноград, смородину, крыжовник.

Длинные ползучие стебли земляники — усы — образуют почки, которые, укореняясь, дают начало новому растению. Немногие растения, например бегония, могут размножаться листовыми черенками (листовая пластинка и черешок). На нижней стороне листа, в местах разветвления крупных жилок, возникают корни, на верхней — почки, а затем побеги.

Для вегетативного размножения используют также корень. В садоводстве с помощью черенков из боковых корней размножают малину, вишню, сливу, розу. С помощью корневых клубней размножаются георгины. Видоизменённая подземная часть стебля — корневище — также образует новые растения. Например, осот с помощью корневища может дать более тысячи новых особей на 1 м² почвы.



Рис. 26. Вегетативное размножение растений: 1 — вегетативное размножение земляники надземными ползучими побегами; 2 — подземные клубни картофеля (тёмный клубень — старый, из которого выросло всё растение); 3 — молодило размножается откидышами; 4 — луковички в соцветии дикого лука; 5 — луковички «детки» в луковиче; 6 — корневище осоки; 7 — корневище ириса (касатика); 8 — элодея, размножающаяся частями побегов

? Вопросы для повторения и задания

1. Сравните бесполое и половое размножение. В чём их основные отличия?
2. Что такое бесполое размножение? Какой процесс лежит в его основе?
3. У каких организмов встречается бесполое размножение?
4. Составьте схему, иллюстрирующую многообразие способов бесполого размножения. Приведите примеры.
5. Почему при бесполом размножении потомки генетически сходны между собой и с родительской особью?
6. Обсудите на уроке, какое значение для выживания организмов имеет их способность к бесполому размножению.



- **Обратитесь к дополнительным печатным источникам информации** — энциклопедиям, монографиям, периодическим научным изданиям.
- **Обратитесь к электронному приложению**, материалы которого являются дополнительным источником информации, раскрывающим содержание ключевых понятий параграфа. Выполните задания Т48, Т49.
- **Подготовьтесь к следующему уроку.** Используя дополнительные источники информации (книги, ресурсы сети Интернет и др.), сделайте сообщение по ключевым словам и словосочетаниям следующего параграфа.

11. Половое размножение. Развитие половых клеток

Вспомните!

- Сперматозоид • Яйцеклетка • Гамета • Мейоз
- Желток • ДНК • РНК • Хромосома

Половое размножение 281 ► имеет большие эволюционные преимущества по сравнению с бесполом. При оплодотворении происходит объединение наследственного материала от обоих родителей. Появление в каждом поколении новых комбинаций обеспечивает более успешное и быстрое приспособление вида к меняющимся условиям обитания.

В половых железах развиваются половые клетки: мужские — **сперматозоиды** 283, женские — **яйцеклетки** 282 (или **яйца**). В первом случае их развитие называют **сперматогенезом** 284 ►, во втором — **оогенезом** 285 ► (от лат. *ово* — яйцо).

В процессе образования половых клеток у животных выделяют ряд стадий. Первая стадия — **период размножения**, в котором первичные половые клетки делятся путём митоза, в результате чего увеличивается их количество.

Вторая стадия — **период роста**. У незрелых мужских гамет он выражен нерезко. Их размеры увеличиваются незначительно. Напротив, будущие яйцеклетки — **овоциты** — увеличиваются в размерах иногда в сотни, а чаще в тысячи и даже более раз. Рост овоцитов осуществляется за счёт веществ, образуемых другими клетками организма. Так, у рыб, амфибий и в большей степени

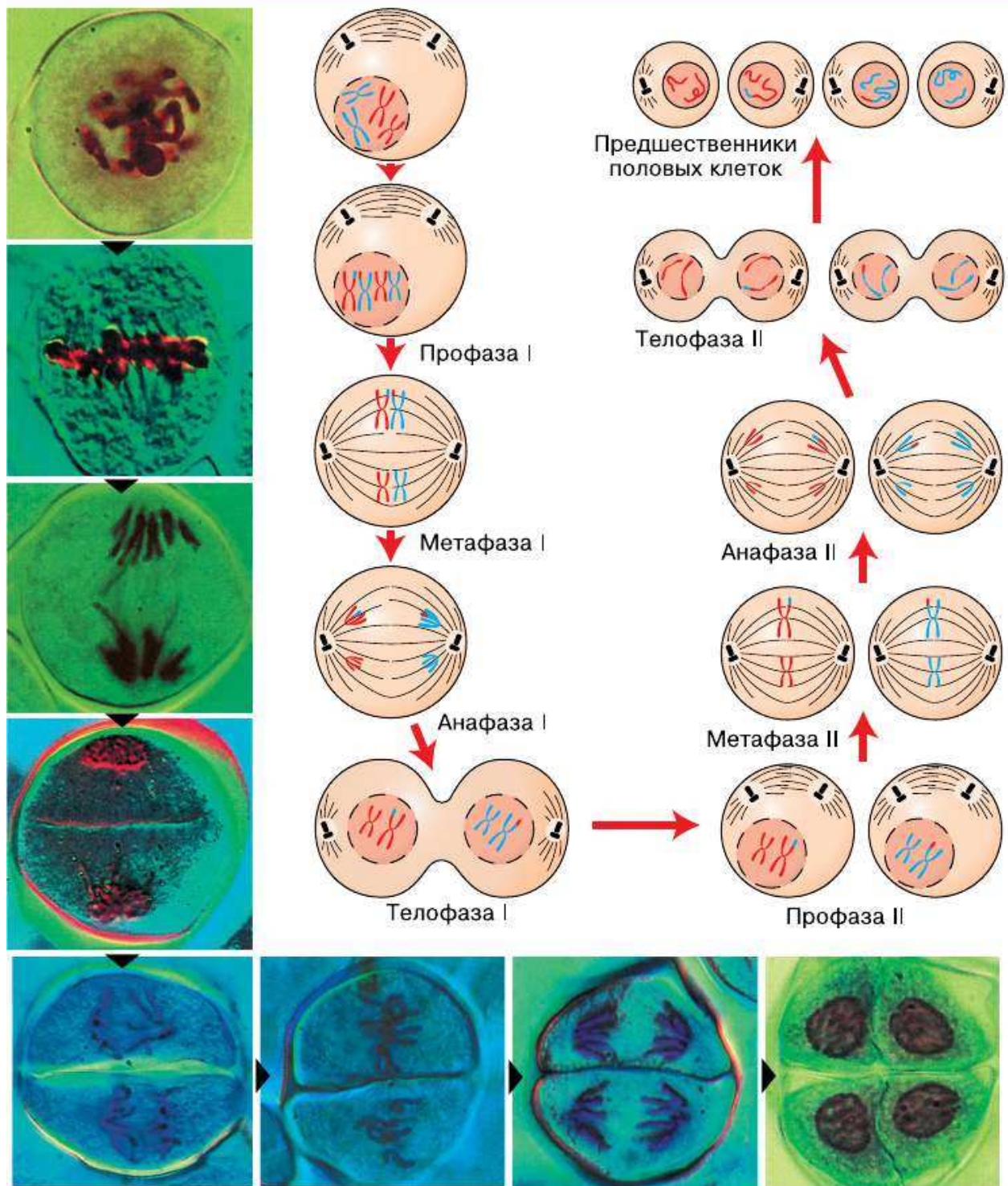


Рис. 27. Стадия созревания половых клеток (мейоз) в процессе сперматогенеза

у рептилий и птиц основную массу яйца составляет **желток** 286 — совокупность питательных веществ (жиров, белков, углеводов и др.), необходимых для питания зародыша. Он синтезируется в печени, в особой растворимой форме переносится кро-

вью в яичник, проникает в растущие овоциты и откладывается там в виде желточных пластинок. Кроме того, в самой будущей половой клетке синтезируются многочисленные белки и большое количество всех видов РНК.

Следующая стадия — *период созревания*, или *мейоз*, — представлена на рисунке 27. Клетки, вступающие в период созревания, содержат диплоидный набор хромосом и уже удвоенное количество ДНК. Сущность мейоза в том, что каждая половая клетка получает одинарный, гаплоидный, набор хромосом¹.

Мейоз ●287 ► включает два последовательных деления. Как и в митозе, в каждом мейотическом делении выделяют четыре фазы: профазу, метафазу, анафазу и телофазу.

Первое (I) мейотическое деление. **Профаза I** ●288 начинается спирализацией хромосом. Как вы помните, каждая хромосома состоит из двух хроматид, соединённых в области центромеры. Затем гомологичные хромосомы сближаются, каждая точка каждой хроматиды одной хромосомы совмещается с соответствующей точкой хроматиды другой, гомологичной хромосомы. Этот процесс точного и тесного сближения гомологичных хромосом в мейозе называют **конъюгацией** ●289 ►. В дальнейшем между ними может произойти **кроссинговер** ●290 ► — обмен гомологичными участками. К концу профазы между гомологичными хромосомами возникают силы отталкивания.

В **метафазе I** ●291 спирализация хромосом максимальна. Конъюгированные хромосомы располагаются в экваториальной плоскости клетки. К центромерам прикрепляются нити веретена деления.

В **анафазе I** ●293 удвоенные гомологичные хромосомы расходятся к различным полюсам. Следовательно, из каждой пары гомологичных хромосом в дочернюю клетку попадает только одна. Число хромосом уменьшается в два раза, хромосомный набор становится гаплоидным. Однако каждая хромосома при этом ещё состоит из двух хроматид, т. е. по-прежнему содержит удвоенное количество ДНК.

В **телофазе I** ●294 временно образуется ядерная оболочка. Во время интерфазы между первым и вторым делениями мейоза редупликации ДНК не происходит. Клетки, образовавшиеся в результате первого деления созревания, различаются по составу отцовских и материнских хромосом и, следовательно, по набору генов.

¹ У растений в результате мейоза образуются споры, а гаметы формируются в органах полового размножения на гаметофите в результате митоза.

Все клетки человека, в том числе первичные половые клетки, содержат 46 хромосом. Из них 23 получены от отца и 23 — от матери. При образовании половых клеток после первого мейотического деления в сперматоциты и овоциты также попадает по 23 хромосомы. Однако вследствие случайности расхождения отцовских и материнских хромосом в анафазе I образующиеся клетки получают различные комбинации родительских хромосом. Например, в одной из них может оказаться 3 отцовских и 20 материнских хромосом, в другой — 10 отцовских и 13 материнских и т. д. Число возможных комбинаций очень велико. Учитывая обмен гомологичными участками хромосом в профазе первого деления мейоза, можно сделать вывод, что каждая образующаяся половая клетка генетически уникальна, так как несёт неповторимый набор генов. Следовательно, *мейоз — основа комбинативной генотипической изменчивости*.

Второе (II) мейотическое деление. Второе деление мейоза 295 протекает так же, как обычное митотическое деление, с той лишь разницей, что делящаяся клетка гаплоидна. В анафазе II центромеры, соединяющие сестринские хроматиды в каждой хромосоме, делятся, и хроматиды, как и в митозе, с этого момента становятся самостоятельными хромосомами. С завершением телофазы II заканчивается и весь процесс мейоза: из исходной первичной половой клетки образовались четыре гаплоидные клетки.

У особей мужского пола все они преобразуются в гаметы — сперматозоиды. У особей женского пола вследствие неравномерного мейоза лишь из одной клетки получается жизнеспособная яйцеклетка. Три другие дочерние клетки гораздо мельче, они превращаются в так называемые *направительные*, или *редукционные, тельца* 296, которые вскоре погибают. Образование только одной яйцеклетки и гибель трёх генетически полноценных направительных телец связано с тем, что все запасные питательные вещества, которые понадобятся для развития будущего зародыша, необходимо сохранить в одной клетке.

Период формирования состоит в приобретении клетками определённой формы и размеров, соответствующих их функции.

После завершения мейоза, а иногда и ранее, яйцеклетка готова к **оплодотворению** 300 ►. Однако, например, у пресмыкающихся, птиц и млекопитающих за счёт деятельности клеток, окружающих яйцеклетку, вокруг неё возникает ряд **дополнительных оболочек** 299 (рис. 28). Их функция заключается в защите яйцеклетки и развивающегося зародыша от внешних неблагоприятных воздействий. Яйцеклетки большинства животных содержат в цитоплазме запас питательных веществ в виде желтка.

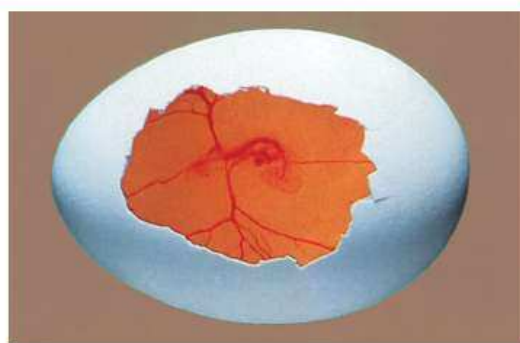
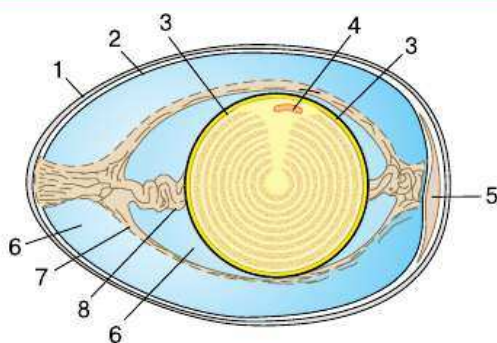


Рис. 28. Схема строения куриного яйца: 1 — скорлупа; 2 — подскорлуповая оболочка; 3 — желток; 4 — зародышевый диск; 5 — воздушная камера; 6 — белковая оболочка; 7 — белковые волокна; 8 — халаза (канатик)

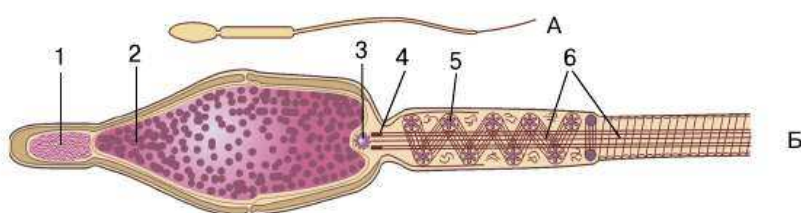


Рис. 29. Сперматозоид млекопитающего: А — общий вид; Б — схема строения: 1 — акросома; 2 — ядро; 3—4 — центриоли; 5 — митохондриальная спираль; 6 — осевая нить (цитоскелет шейки и хвоста)

Сперматозоиды различных организмов 298 могут сильно отличаться по размерам и форме (рис. 29). Функция сперматозоидов состоит в доставке в яйцеклетку генетической информации и стимуляции её развития. Сформированный сперматозоид состоит из головки, которая почти полностью занята ядром с гаплоидным набором хромосом; шейки, в которой находятся центриоли и митохондрии; хвоста, образованного микротрубочками и обеспечивающего подвижность всего сперматозоида.

В передней части головки сперматозоида находится видоизменённый комплекс Гольджи, называемый **акросомой**. Он содержит ферменты, растворяющие мембрану яйца при *оплодотворении*, т. е. при слиянии сперматозоида и яйцеклетки (рис. 30, 31).



Вопросы для повторения и задания

1. Чем половое размножение отличается от бесполого?
2. Определите критерии для сравнения мейоза и митоза. Составьте и заполните таблицу «Два основных способа деления клеток».



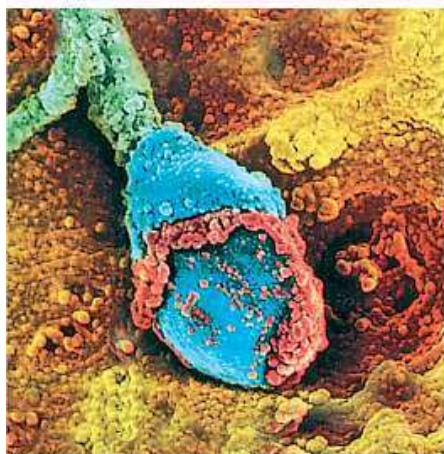


Рис. 30. Один из этапов проникновения сперматозоида в яйцеклетку при оплодотворении

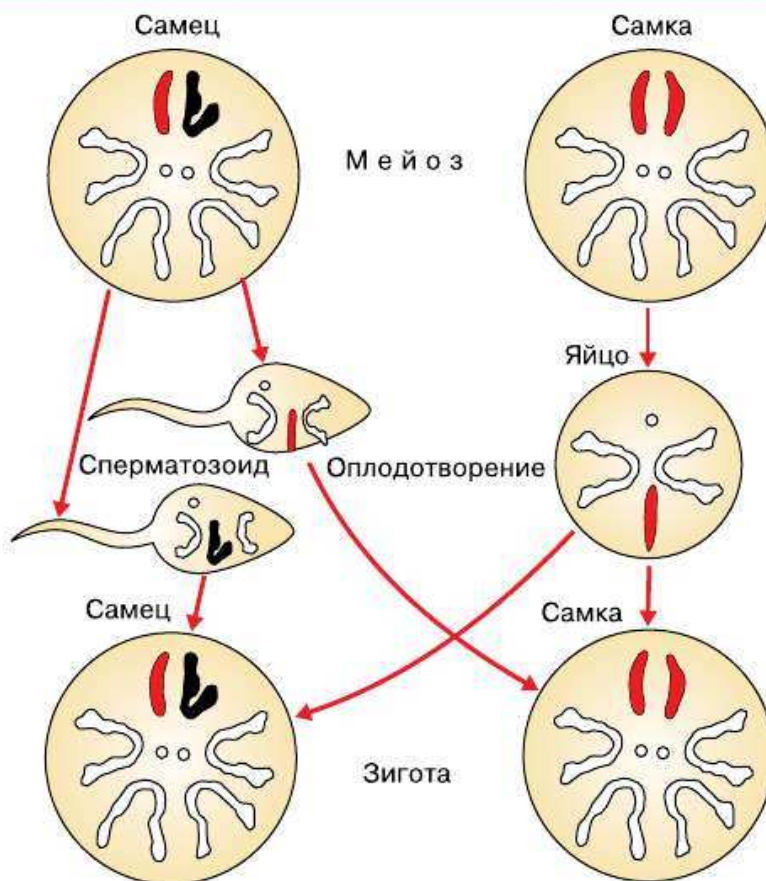


Рис. 31. Схема оплодотворения. При слиянии сперматозоида и яйцеклетки в зиготе восстанавливается диплоидный набор хромосом

3. Почему зрелые половые клетки одного организма несут разные комбинации наследственного материала?
4. Изобразите схематично яйцеклетку и сперматозоид. В чём их сходство и различия?
5. Какие эволюционные преимущества даёт живым организмам половое размножение?
6. Объясните, почему фраза «половые клетки делятся мейозом» неверна.



Работа с дополнительными источниками информации

- **Обратитесь к дополнительным печатным источникам информации** — энциклопедиям, монографиям, периодическим научным изданиям.
- **Обратитесь к электронному приложению**, материалы которого являются дополнительным источником информации, раскрывающим содержание ключевых понятий параграфа. Выполните задания Т50—Т52.
- **Подготовьтесь к следующему уроку.** Используя дополнительные источники информации (книги, статьи, ресурсы сети Интернет и др.), сделайте сообщение по ключевым словам и словосочетаниям следующего параграфа.

6

Индивидуальное развитие организмов (онтогенез)

Индивидуальным развитием, или *онтогенезом*, называют весь период жизни особи — с момента слияния сперматозоида с яйцом и образования зиготы до гибели организма. Онтогенез делится на два периода: 1) *эмбриональный* — от образования зиготы до рождения или выхода из яйцевых оболочек; 2) *постэмбриональный* — от выхода из яйцевых оболочек или рождения до смерти организма.

Науку, изучающую закономерности индивидуального развития организмов на стадии зародыша, называют *эмбриологией* 315 (от греч. *эмбрион* — зародыш).

12. Эмбриональный период развития

Вспомните!

• *Зигота* • *Митотический цикл* • *Специализация*

У большинства многоклеточных животных, независимо от сложности их организации, стадии эмбрионального развития, которые проходит зародыш, едины. В *эмбриональном периоде* 302 выделяют три основных этапа: дробление, гастрюляцию и первичный органогенез.

Дробление 303. Развитие организма начинается со стадии одной клетки. Оплодотворённое яйцо — это клетка и одновременно уже организм на самой ранней стадии его развития. В результате многократных делений одноклеточный организм превращается в многоклеточный. Возникшее при оплодотворении путём слияния сперматозоида и яйцеклетки диплоидное ядро через несколько минут начинает делиться, вместе с ним делится и цитоплазма. Образующиеся клетки (бластомеры) с каждым делением уменьшаются в размерах, поэтому процесс деления называют *дроблением*. В период дробления накапливается клеточный материал для дальнейшего развития (рис. 32). Завершается дробление образованием однослойного многоклеточного зародыша — *бластулы* 304. Бластула имеет полость, наполненную жидкостью, так называемую *первичную полость тела* (рис. 33).

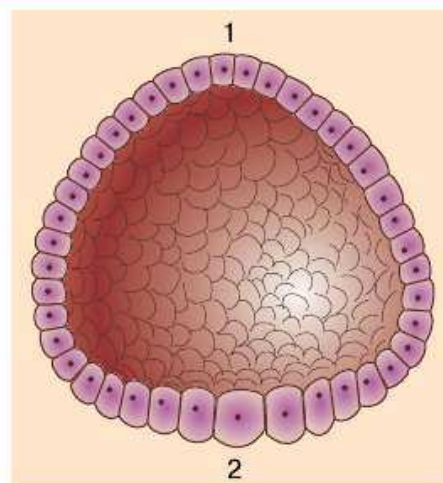
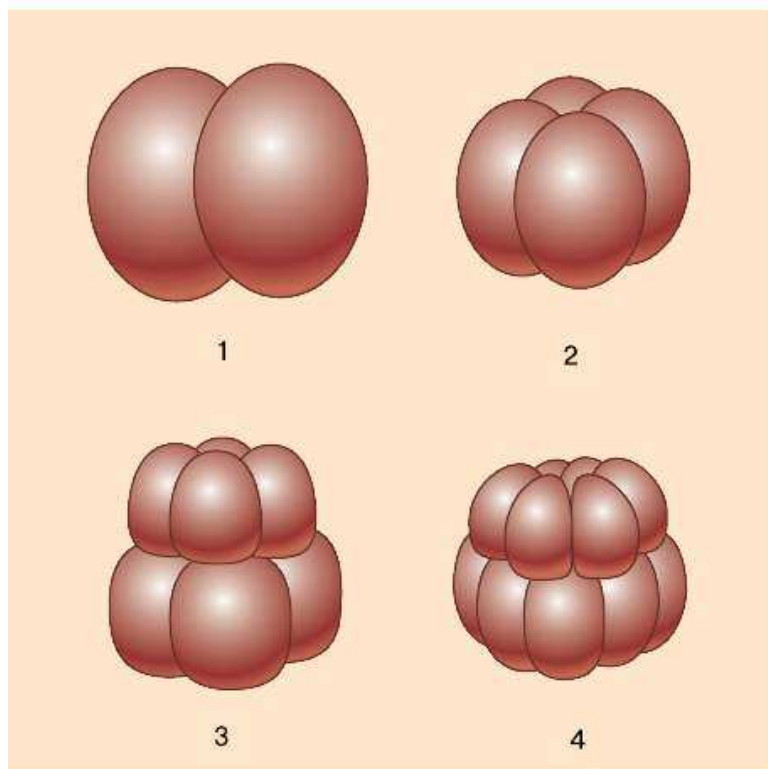


Рис. 33. Разрез поздней бластулы ланцетника:
1 — анимальный полюс, из клеток которого развивается нервная система, хорда и др.;
2 — вегетативный полюс — питающий

Рис. 32. Дробление яйца ланцетника: 1 — стадия 2 бластомеров; 2 — стадия 4 бластомеров; 3 — стадия 8 бластомеров; 4 — стадия 16 бластомеров

В тех случаях, когда в цитоплазме яйцеклетки желтка мало (как у ланцетника) или относительно немного (как у лягушки), происходит **полное дробление** 305, т. е. яйцеклетка делится целиком.

Иначе протекает период дробления у птиц. Свободная от желтка цитоплазма составляет всего 1% от общего объёма яйцеклетки курицы; вся остальная цитоплазма яйцеклетки, а следовательно, и зигота заполнена массивом желтка (см. рис. 28). Если присмотреться к куриному яйцу, на одном из его полюсов непосредственно на желтке можно увидеть маленькое пятнышко — бластулу, или *зародышевый диск*, образовавшийся в результате дробления свободного от желтка участка цитоплазмы, содержащего ядро (см. рис. 28). В таких случаях дробление называют неполным. **Неполное дробление** 306 свойственно также некоторым рыбам и рептилиям.

Во всех случаях — и у ланцетника, и у амфибий, и у птиц, а также у других животных — общий объём клеток на стадии бластулы не превышает объёма зиготы. Другими словами, митотическое деление зиготы не сопровождается ростом образовавшихся дочерних клеток до объёма материнской, и размеры их в результате ряда последовательных делений прогрессивно уменьшаются. Эта особенность митотического деления клеток

в ходе дробления наблюдается при развитии оплодотворённых яиц у всех животных.

Некоторые другие черты дробления также свойственны различным видам животных. Например, все клетки в бластуле имеют диплоидный набор хромосом, одинаковы по строению и отличаются друг от друга главным образом количеством содержащегося в них желтка. Такие клетки, лишённые признаков специализации для выполнения определённых функций, называют *неспециализированными* (или *недифференцированными*) клетками. Другая особенность дробления — чрезвычайно короткий митотический цикл бластомеров по сравнению с клетками взрослого организма. Во время очень короткой интерфазы происходит только удвоение ДНК.

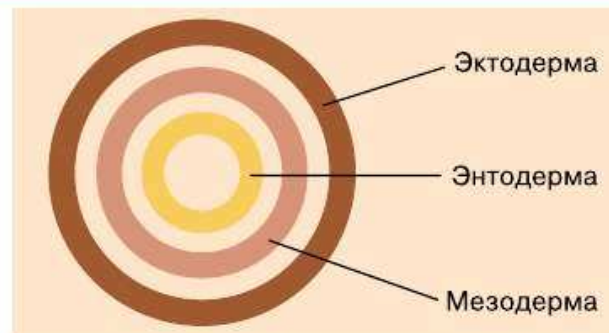
Гаструляция 307. Бластула, как правило, состоящая из большого числа бластомеров (например, у ланцетника из 3000 клеток), в процессе развития переходит в новую стадию, которую называют *гастроулой* (от греч. *гастер* — желудок). Зародыш на этой стадии состоит из отчётливо различимых пластов клеток — так называемых **зародышевых листков** 308: наружного, или **эктодермы** 309 (от греч. *эктос* — находящийся снаружи), и внутреннего, или **энтодермы** 310 (от греч. *энтос* — находящийся внутри). Совокупность процессов, приводящих к образованию гастроулы, называют *гастроуляцией*.

У ланцетника гастроуляция осуществляется путём впячивания одного из полюсов бластулы внутрь, по направлению к другому, у других животных — иными способами.

Таким образом, *сущность процесса гастроуляции заключается в перемещении клеточных масс*. Клетки зародыша практически не делятся и не растут. Однако на этой стадии начинается использование наследственной информации клеток зародыша, появляются первые признаки дифференцировки.

Дифференцировка 312, или *дифференцирование*, — это процесс возникновения и нарастания структурных и функциональных различий между отдельными клетками и частями зародыша. С морфологической точки зрения он выражается в том, что образуются несколько сотен типов клеток специфического строения, отличающихся друг от друга. Из неспециализированных клеток бластулы постепенно возникают клетки эпителия кожи, появляются нервные, мышечные клетки и т. д. С биохимической точки зрения специализация клеток заключается в их способности синтезировать определённые белки, свойственные только данному типу клеток. Лимфоциты синтезируют защитные белки — антитела, мышечные клетки — сократительный белок мио-

Рис. 34. Схема расположения в зародыше первых тканей — зародышевых листков



зин. Каждый тип клеток образует «свои», свойственные только ему белки. Биохимическая специализация клеток обеспечивается избирательной активностью генов, т. е. в клетках разных зародышевых листков — зачатков определённых органов и систем — начинают функционировать разные группы генов.

У разных видов животных одни и те же зародышевые листки дают начало одним и тем же органам и тканям. Это значит, что они *гомологичны*. Так, из клеток наружного зародышевого листка — эктодермы — у членистоногих, хордовых, в том числе у рыб, амфибий, рептилий, птиц и млекопитающих, формируются кожные покровы и их производные, а также нервная система и органы чувств. *Гомология зародышевых листков подавляющего большинства животных — одно из доказательств единства животного мира.*

В дальнейшем у большинства многоклеточных животных между эктодермой и энтодермой закладывается третий зародышевый листок — **мезодерма** 311 (от греч. *мезос* — находящийся посередине). С появлением мезодермы зародыш становится трёхслойным (рис. 34). Такую стадию развития зародыша называют поздней гаструлой.

Органогенез. Дальнейшее развитие зародыша связано с взаимодействием трёх зародышевых листков, из которых формируются все ткани и органы организма. Развитие систем органов зародыша — **органогенез** 313 — происходит в определённой последовательности. У хордовых животных он начинается с образования зачатка хорды и нервной системы. На спинной стороне зародыша обособляется группа эктодермальных клеток, образуя длинную пластинку. Эти клетки начинают активно делиться и погружаются в тело зародыша. Образуется желобок, края которого постепенно сближаются, а затем смыкаются, формируя первичную нервную трубку (рис. 35). Вся остальная эктодерма — зачаток кожного эпителия. При дальнейшем развитии зародыша позвоночных животных из передней части нервной

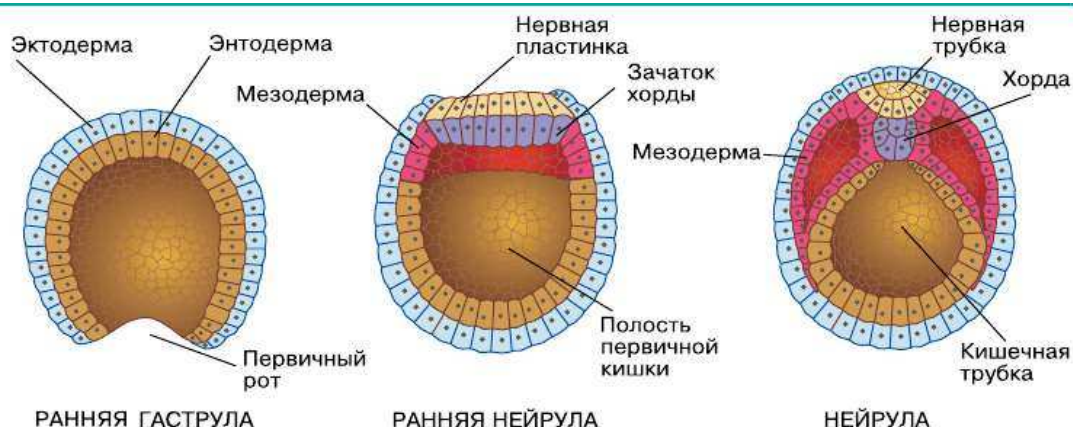


Рис. 35. Схема образования комплекса осевых органов у ланцетника

трубки формируется головной мозг, а из задней — спинной. Зародыш на этой стадии носит название *нейрула*.

Зачаток хорды, образованный из энтодермы, сворачивается в плотный тяж — хорду. Из оставшейся части энтодермы развивается эпителий кишечника. Образуется комплекс **осевых органов** 314 : нервная трубка, хорда, кишечная трубка. Дальнейшая дифференцировка клеток зародыша приводит к возникновению остальных органов и тканей. Процесс дифференцировки обусловлен тем, что в различных клетках зародыша активируются различные, строго определённые группы генов. Это приводит к различиям в наборе белков, функционирующих в клетках, и, следовательно, к различиям в химических реакциях и строении клеток. В процессе специализации клеток из эктодермы образуются нервная система, органы чувств, эпителий кожи, эмаль зубов; из энтодермы — эпителий кишки, пищеварительные железы — печень и поджелудочная железа, эпителий жабр и лёгких; из мезодермы — мышечная ткань, соединительная ткань, в том числе рыхлая соединительная ткань, хрящевая и костная ткань, кровь и лимфа, а также кровеносная система, почки, половые железы и др.



Вопросы для повторения и задания

1. Что такое зигота?
2. Чем деление клеток в процессе дробления отличается от обычного митотического деления клеток взрослых животных?
3. Составьте и заполните таблицу «Основные этапы эмбрионального периода развития».

4. Вспомните из курса зоологии, у каких животных тело состоит только из двух слоёв клеток — эктодермы и энтодермы. Есть ли у них системы органов?
5. Что такое дифференцировка клеток в процессе эмбрионального развития?
6. Изобразите в виде схемы, из каких зародышевых листков образуются в процессе развития основные органы, ткани и структуры организма позвоночного животного.
7. Обсудите в классе, существует ли зависимость между количеством желтка в яйцеклетке и особенностями эмбрионального развития.



Работа с дополнительными источниками информации

- **Обратитесь к дополнительным печатным источникам информации** — энциклопедиям, монографиям, периодическим научным изданиям.
- **Обратитесь к электронному приложению**, материалы которого являются дополнительным источником информации, раскрывающим содержание ключевых понятий параграфа. Выполните задания Т53—Т55.
- **Подготовьтесь к следующему уроку.** Используя дополнительные источники информации (книги, статьи, ресурсы сети Интернет и др.), сделайте сообщение по ключевым словам и словосочетаниям следующего параграфа.

13. Постэмбриональный период развития

Вспомните!

- Яйцевые оболочки • Зародышевые оболочки • Личинка
- Метаморфоз • Борьба за существование

В момент рождения или выхода организма из яйцевых оболочек заканчивается эмбриональный и начинается **постэмбриональный период** 316 ► развития. Постэмбриональное развитие может быть прямым или сопровождается превращением (*метаморфозом*).

При **прямом развитии** 317 (у пресмыкающихся, птиц, млекопитающих) из яйцевых оболочек или из тела матери выходит организм небольших размеров, но с уже заложенными всеми основными органами, свойственными взрослому животному. Постэмбриональное развитие в этом случае сводится в основном к росту и половому созреванию.

При **непрямом развитии** 318 ► (развитии с метаморфозом) из яйца выходит *личинка*, обычно устроенная проще взрослого животного, со специальными **личиночными органами** 319, во взрослом состоянии отсутствующими. Личинка питается,

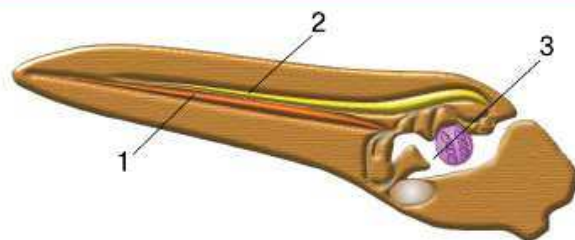


Рис. 36. Метаморфоз у асцидий: на фотографии — колония взрослых животных; рядом — схема строения личинки асцидии: 1 — хорда; 2 — нервная трубка; 3 — жаберные щели

растёт, и со временем личиночные органы заменяются органами, свойственными взрослым особям. Следовательно, при **метаморфозе** 320 разрушаются личиночные органы и возникают органы, присущие взрослым животным.

Разберём несколько **примеров непрямого постэмбрионального развития** 321. Личинка асцидий (тип Хордовые, подтип Личиночно-хордовые) обладает всеми основными признаками хордовых животных: хордой, нервной трубкой, жаберными щелями в глотке (рис. 36). Она свободно плавает, затем прикрепляется к какой-либо твёрдой поверхности на дне моря, где и совершается метаморфоз: у неё исчезают хвост, хорда, мышцы, а нервная трубка распадается на отдельные клетки, большая часть которых фагоцитируется. От нервной системы личинки остаётся лишь группа клеток, дающая начало нервному узлу. Строение тела взрослой асцидии, ведущей прикреплённый образ жизни, несколько не напоминает обычные черты организации хордовых животных. Только знание особенностей онтогенеза позволяет определить систематическое положение асцидий: строение личинки указывает на происхождение их от хордовых животных, которые вели свободный образ жизни. В процессе метаморфоза асцидии переходят к сидячему образу жизни, в связи с чем упрощается их организация.

Личиночная форма амфибий — головастик (рис. 37), для которого характерны жаберные щели, боковая линия, двухкамерное сердце, один круг кровообращения. В процессе метаморфоза, происходящего под влиянием гормона щитовидной железы, рассасывается хвост, появляются конечности, исчезает боковая линия, развиваются лёгкие и второй круг кровообращения.



Рис. 37. Последовательные стадии метаморфоза у лягушки: сверху слева — только что вылупившиеся головастики; сверху справа — начало метаморфоза; внизу — лягушонок с остатками хвоста

Примером метаморфоза может служить также развитие насекомых (рис. 38). Гусеницы бабочек или личинки стрекоз резко отличаются по строению, образу жизни и среде обитания от взрослых животных и напоминают своих предков — кольчатых червей.

Таким образом, метаморфоз связан с переменой образа жизни или среды обитания. Значение метаморфоза заключается, во-первых, в том, что свободноживущие личинки прикреплённых или паразитических животных способствуют расселению вида. Кроме того, личиночные формы некоторых животных живут в иных условиях и имеют другие источники питания, чем взрослые особи: это снижает интенсивность конкуренции за пищу и в целом остроту борьбы за существование внутри вида.

Постэмбриональный период развития имеет разную продолжительность. Например, **подёнки** 322 в личиночном состоянии живут 2—3 года, а в половозрелом — от 2—3 часов до 2—3 суток, в зависимости от видовой принадлежности. В большинстве



Рис. 38. Последовательные стадии полного превращения (метаморфоза) бабочки: выход гусеницы из яйца, окукливание и выход бабочки из куколки

же случаев постэмбриональный период более продолжителен. У человека он включает **дорепродуктивную** 323 (до полового созревания), **репродуктивную** 324 (зрелость) и **пострепродуктивную** 325 (старость) стадии.

У млекопитающих и человека наблюдается известная зависимость продолжительности жизни от длительности полового созревания и беременности. Обычно продолжительность жизни превышает дорепродуктивный период онтогенеза в 5—8 раз.

Постэмбриональное развитие сопровождается ростом. Различают рост неопределённый, продолжающийся в течение всей жизни, и определённый, ограниченный каким-то сроком. **Неограниченный рост** 326 наблюдается у древесных форм растений, некоторых моллюсков, из позвоночных — у рыб, крыс.

У многих животных **ограниченный рост** 327 прекращается вскоре после достижения половой зрелости. У человека рост заканчивается к 20—25 годам.



Вопросы для повторения и задания

1. Какое развитие называют постэмбриональным?
2. Сравните прямое и непрямое постэмбриональное развитие. Приведите примеры животных с такими типами развития.
3. В чём заключается биологическое значение метаморфоза?
4. Какие черты строения головастика свидетельствуют о родстве амфибий и рыб?
5. Вспомните из курса зоологии, чем отличается развитие с неполным и полным превращением (метаморфозом).
6. Какая стадия постэмбрионального развития у позвоночных животных занимает большую часть жизни? Объясните почему.
7. Сравните понятия «рост» и «развитие». Чем они принципиально отличаются?

Работа с дополнительными источниками информации

- **Обратитесь к дополнительным печатным источникам информации** — энциклопедиям, монографиям, периодическим научным изданиям.
- **Обратитесь к электронному приложению**, материалы которого являются дополнительным источником информации, раскрывающим содержание ключевых понятий параграфа. Выполните задания Т56, Т57.
- **Подготовьтесь к следующему уроку.** Используя дополнительные источники информации (книги, статьи, ресурсы сети Интернет и др.), сделайте сообщение по ключевым словам и словосочетаниям следующего параграфа.







Раздел



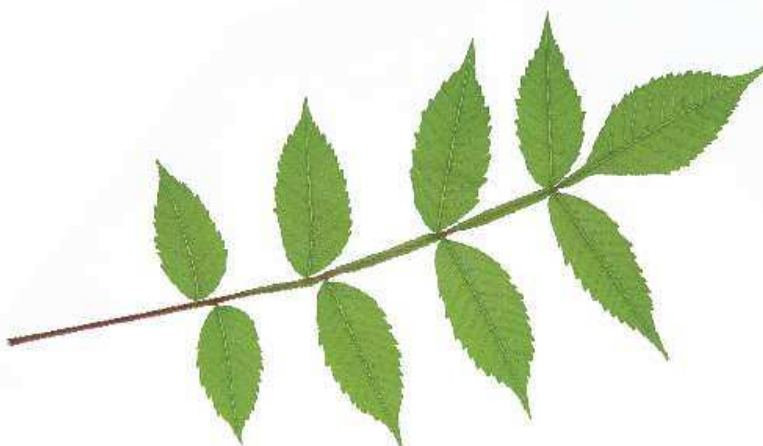
Наследственность и изменчивость организмов

Генетика — это наука о закономерностях наследственности и изменчивости живых организмов.

Наследственность — это способность живых организмов передавать свои признаки, свойства и особенности развития из поколения в поколение.

Изменчивость — это способность организмов приобретать в процессе индивидуального развития новые признаки и свойства по сравнению с другими особями того же вида.

Основоположником генетики является чешский учёный Г. Мендель, который разработал методы генетических исследований, установил основные законы наследования признаков и опубликовал их в 1865 г. Эти законы были подтверждены разными учёными в 1900 г., который и считается годом рождения генетики.



Закономерности наследования признаков

Первые попытки экспериментального решения проблем, связанных с передачей признаков из поколения в поколение, предпринимались уже в XVIII в. Учёные, скрещивая между собой различающиеся особи и получая от них потомство, стремились узнать, как наследуются родительские признаки. Однако неверный методический подход — одновременное изучение большого количества признаков — не позволял выявить каких-либо закономерностей.

14. Основные понятия генетики

Вспомните!

• Наследственность • Изменчивость • ДНК

Генетика 334 изучает два фундаментальных свойства живых организмов: наследственность и изменчивость.

Обычно **наследственность** 335 определяется как *способность родителей передавать свои признаки, свойства и особенности развития следующему поколению*. Благодаря этому каждый вид животных или растений, грибов или микроорганизмов сохраняет на протяжении многих поколений характерные для него черты.

Клетки, через которые осуществляется преемственность поколений, — специализированные половые при половом размножении и неспециализированные клетки тела (соматические) при бесполом — несут в себе не сами признаки и свойства будущих организмов, а только их задатки, получившие название генов.

Ген 336 — *участок молекулы ДНК, определяющий возможность развития отдельного элементарного признака или синтез одной белковой молекулы*.

Признак, определяемый каким-либо геном, может и не развиться. Возможность проявления признаков в значительной степени зависит от присутствия других генов и от условий внешней

среды. Следовательно, изучение условий проявления генов в виде признаков также составляет предмет генетики.

У всех организмов одного вида каждый ген располагается в одном и том же месте, или **локусе** 337, определённой хромосомы. В **гаплоидном наборе** 338 хромосом имеется только один ген, ответственный за развитие данного признака. В **диплоидном наборе** 339 хромосом (в соматических клетках) содержатся две гомологичные хромосомы и соответственно два гена, определяющих развитие какого-то одного признака. Гены, расположенные в одних и тех же локусах **гомологичных хромосом** 340 и ответственные за развитие одного признака, называют **аллельными генами** 341.

Совокупность всех генов одного организма называют **генотипом**. Однако **генотип** 343 — это не просто сумма генов. Возможность и форма проявления гена зависят, как будет показано дальше, от условий среды. В понятие среды входят не только условия, в которых существует данный организм или клетка, но и присутствие других генов. Оказавшись в одном генотипе, гены могут сильно влиять на проявление действия соседних генов.

Организмы одного вида различаются между собой. Это хорошо видно на примере вида *Homo sapiens* (Человек разумный), каждый представитель которого имеет свои индивидуальные особенности. Подобная индивидуальная изменчивость существует у организмов любого вида животных и растений. Таким образом, **изменчивость** 344 — свойство организмов, противоположное наследственности, — это способность организмов приобретать новые признаки и свойства. Изменчивость обусловлена изменением строения наследственных задатков — генов — и, как следствие, изменением их проявления в процессе развития организмов. Существуют разные типы изменчивости. Изучением причин, форм изменчивости и её значения для эволюции также занимается генетика. При этом исследователи имеют дело не непосредственно с генами, а с результатами их проявления — признаками или свойствами. Поэтому законы наследственности и изменчивости изучают, наблюдая за признаками организмов в ряду поколений.

Совокупность всех признаков организма называют **фенотипом** 345. Сюда относятся не только внешние, видимые признаки (цвет кожи, волос, форма уха или носа, окраска цветков), но и биохимические (структура белка, активность фермента, концентрация гормонов в крови и т. д.), гистологические (форма и размеры клеток, строение тканей и органов), анатомические (строение тела и взаимное расположение органов) и т. д.



Вопросы для повторения и задания

1. Что такое ген?
2. Как вы считаете, правильно ли будет сказать, что ген — это участок хромосомы?
3. Сравните понятия «генотип» и «фенотип».
4. Что такое признак? Какие бывают признаки? Приведите примеры признаков на различных уровнях организации.
5. Опираясь на внешние, видимые признаки, опишите фенотип своего товарища по классу. Предложите одноклассникам по описанию определить, чей это фенотип.



Работа с дополнительными источниками информации

- **Обратитесь к дополнительным печатным источникам информации** — энциклопедиям, монографиям, периодическим научным изданиям.
- **Обратитесь к электронному приложению**, материалы которого являются дополнительным источником информации, раскрывающим содержание ключевых понятий параграфа. Выполните задания Т60—Т62.
- **Подготовьтесь к следующему уроку.** Используя дополнительные источники информации (книги, статьи, ресурсы сети Интернет и др.), сделайте сообщение по ключевым словам и словосочетаниям следующего параграфа.

15. Гибридологический метод изучения наследования признаков

Вспомните!

- Цветковые растения • Самоопыление • Наследственность
- Перекрёстное опыление

В своих опытах **Г. Мендель** 346 использовал **горох посевной** 347 — **самоопыляющееся растение** 348. Он выбрал для экспериментов организмы, относящиеся к *чистым линиям*, т. е. такие растения, в ряду поколений которых при самоопылении всё потомство было единообразным по изучаемому признаку. Надо отметить также, что он наблюдал за наследованием **альтернативных** 350, т. е. взаимоисключающих, контрастных признаков (см. таблицу). Например, цветки у одного растения были пурпурными, у другого — белыми, рост растения высокий или низкий и т. д.

Признак	Вариант проявления	
	доминантный	рецессивный
Форма семян	Гладкие	Морщинистые
Окраска семян	Жёлтая	Зелёная
Окраска цветков	Красная	Белая
Положение цветков	Пазушные (одиночные)	Верхушечные (полузонтчные)
Длина стебля	Длинный	Короткий
Форма плодов	Простые бобы	Членистые бобы

Суть предложенного Менделем метода заключается в следующем: он скрещивал растения, различающиеся по одной паре взаимоисключающих признаков, а затем проводил индивидуальный анализ результатов каждого скрещивания с использованием математической статистики.

Мендель особенно подчёркивал среднестатистический характер открытых им закономерностей и необходимость исследования большого количества (тысячи) потомков для их выявления. Метод Менделя получил название **гибридологического** или **метода скрещивания**.

Закономерности наследования признаков, выявленные Менделем, в настоящее время принято формулировать в виде законов.



Вопросы для повторения и задания

1. Кто был первооткрывателем закономерностей наследования признаков?
2. Как вы считаете, почему в качестве экспериментального объекта Г. Мендель выбрал горох?
3. Благодаря каким приёмам Г. Менделю удалось вскрыть законы наследования признаков?
4. Известны ли вам какие-либо альтернативные, или контрастные, признаки у человека? Приведите примеры.
5. Чем объяснить, что разработанный Г. Менделем гибридологический метод не используется в генетике человека?
6. Используя дополнительные источники информации, подготовьте сообщение о жизни и творчестве Г. Менделя.



- **Обратитесь к дополнительным печатным источникам информации** — энциклопедиям, монографиям, периодическим научным изданиям.
- **Обратитесь к электронному приложению**, материалы которого являются дополнительным источником информации, раскрывающим содержание ключевых понятий параграфа. Выполните задания Т63, Т64.
- **Подготовьтесь к следующему уроку.** Используя дополнительные источники информации (книги, статьи, ресурсы сети Интернет и др.), сделайте сообщение по ключевым словам и словосочетаниям следующего параграфа.

16. Первый закон Менделя

Вспомните!

- Половое размножение • Гомологичные хромосомы
- Диплоидный набор хромосом • Гаплоидный набор хромосом
- Фенотип • Генотип

Скрещивание двух организмов называют **гибридизацией** 352; потомство от скрещивания двух особей с различной наследственностью называют **гибридным** 353, а отдельную особь — **гибридом** 354. **Моногибридным** 355 называют скрещивание двух организмов, отличающихся друг от друга по одной паре альтернативных (взаимоисключающих) признаков. Следовательно, при таком скрещивании прослеживаются закономерности наследования только двух вариантов признака, развитие которого обусловлено парой аллельных генов. Например, признак — цвет семян, взаимоисключающие варианты — жёлтый или зелёный. Все остальные признаки, свойственные данным организмам, во внимание не принимаются.

Если скрестить растения гороха с жёлтыми и зелёными семенами, то у полученных в результате скрещивания потомков (гибридов) семена будут жёлтыми. При скрещивании растений, различающихся гладкой и морщинистой формой семян, у гибридов семена будут гладкими. Следовательно, у гибрида первого поколения из каждой пары альтернативных признаков проявляется только один. Второй признак не развивается. Преобладание у гибрида признака одного из родителей Г. Мендель назвал **доминированием** 356. Признак, проявляющийся у гибрида

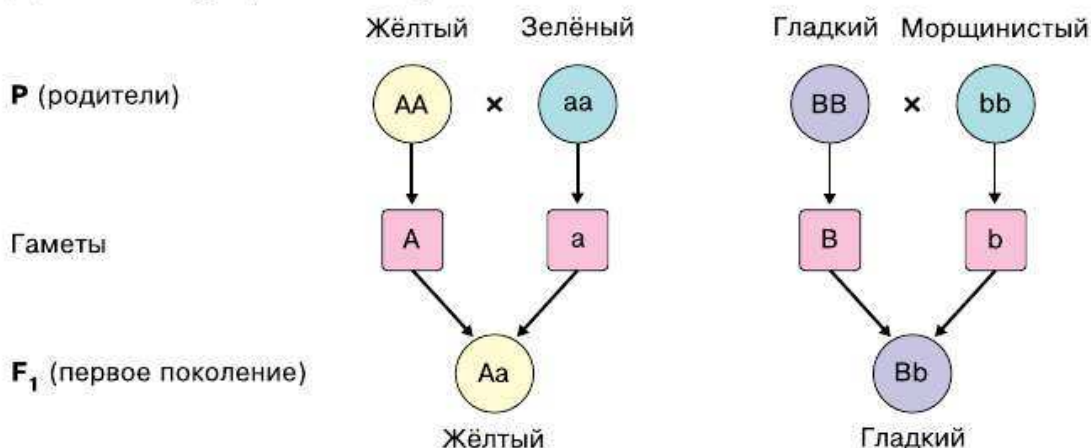
первого поколения и подавляющий развитие другого признака, был назван **доминантным** 357 (от лат. *доминус* — господин), а противоположный, т. е. подавляемый, — **рецессивным** 358 (от лат. *рецессус* — отступление, удаление). Ген, обеспечивающий формирование доминантного признака, принято обозначать прописной буквой, например *A*, рецессивного — строчной *a*. Гены *A* и *a* называют аллельными генами или аллелями.

Как уже говорилось, Г. Мендель использовал в опытах растения, относящиеся к разным чистым линиям, потомки которых в длинном ряду поколений были сходны с родителями. Следовательно, у этих растений оба аллельных гена одинаковы.

Если в генотипе организма (зиготы) есть два одинаковых аллельных гена, абсолютно идентичных по последовательности нуклеотидов, такой организм называют **гомозиготным** 360 по этому гену. Организм может быть гомозиготным по доминантным (*AA* или *BB*) или по рецессивным (*aa* или *bb*) генам. Если же аллельные гены отличаются друг от друга (один из них доминантный, а другой — рецессивный (*Aa*, *Bb*)), такой организм носит название **гетерозиготного** 361.

Закон доминирования — **первый закон Менделя** — называют также **законом единообразия гибридов первого поколения** 359, так как у всех особей этого поколения признак проявляется одинаково. Сформулировать этот закон можно следующим образом: *при скрещивании двух гомозиготных организмов, относящихся к разным чистым линиям и отличающихся друг от друга по одной паре альтернативных признаков, всё первое поколение гибридов (F_1) окажется единообразным и будет нести признак одного из родителей.*

Рассмотрите результаты скрещивания растений гороха, различающихся по окраске семян (жёлтые и зелёные) и по форме (гладкие и морщинистые).



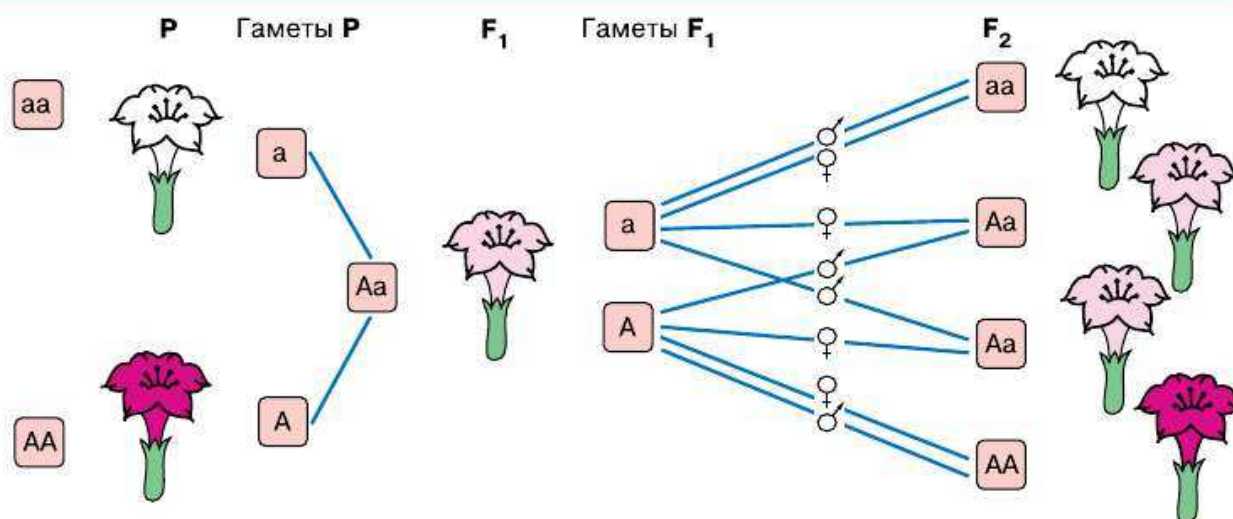


Рис. 39. Наследование окраски цветков у ночной красавицы при неполном доминировании: AA — красная; Aa — розовая; aa — белая

Неполное доминирование. В гетерозиготном состоянии доминантный ген не всегда полностью подавляет проявление рецессивного гена. В ряде случаев гибрид первого поколения F_1 не воспроизводит полностью ни один из родительских признаков, и выражение признака носит промежуточный характер. Но все особи этого поколения проявляют единообразие по данному признаку. Так, при скрещивании ночной красавицы с красными цветками (AA) с растением, цветки которого окрашены в белый цвет (aa), в их потомстве — F_1 — образуется промежуточная, розовая, окраска цветка (Aa): все потомки F_1 единообразны (рис. 39).

Неполное доминирование 362 — широко распространённое явление. Оно обнаружено при изучении наследования окраски цветка у львиного зева, строения перьев у птиц, окраски шерсти у крупного рогатого скота и овец, биохимических признаков у человека и т. д.



Вопросы для повторения и задания

1. Что такое гибридизация?
2. Какое скрещивание называют моногибридным?
3. Какое явление носит название доминирования?
4. Какой признак называют доминантным и какой — рецессивным?
5. Расскажите об опытах Менделя по моногибридному скрещиванию растений гороха.

6. Какой организм называют гомозиготным; гетерозиготным?
7. Сформулируйте первый закон Менделя. Почему этот закон называют законом доминирования?
8. Используя дополнительные источники информации, приведите примеры неполного доминирования признаков у человека.
9. Какие растения ночной красавицы надо скрестить между собой, чтобы в потомстве получилась половина растений с розовыми цветками и половина — с белыми цветками?



Работа с дополнительными источниками информации

- **Обратитесь к дополнительным печатным источникам информации** — энциклопедиям, монографиям, периодическим научным изданиям.
- **Обратитесь к электронному приложению**, материалы которого являются дополнительным источником информации, раскрывающим содержание ключевых понятий параграфа. Выполните задания Т65—Т67.
- **Подготовьтесь к следующему уроку.** Используя дополнительные источники информации (книги, статьи, ресурсы сети Интернет и др.), сделайте сообщение по ключевым словам и словосочетаниям следующего параграфа.

17. Второй закон Менделя. Закон чистоты гамет

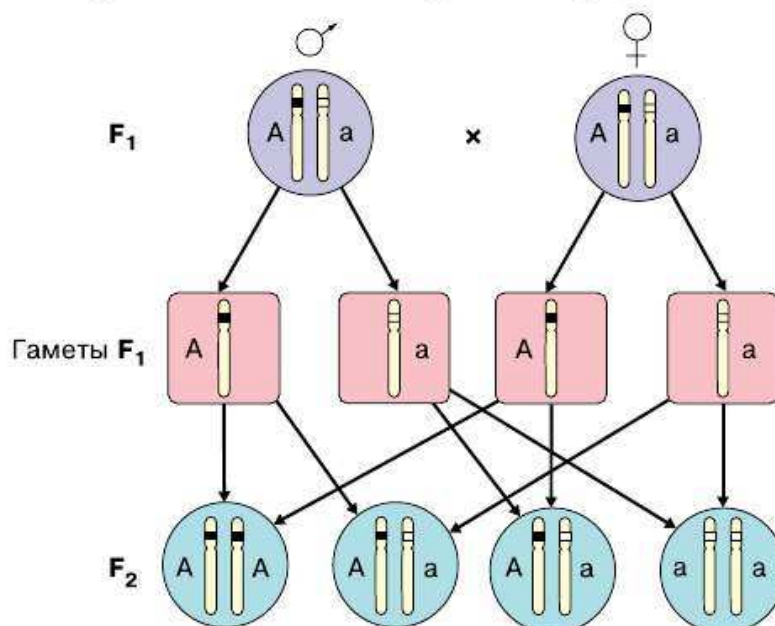
Вспомните!

• Доминантный • Рецессивный • Генотип • Фенотип

Второй закон Менделя (закон расщепления). Если потомков первого поколения — гетерозиготных особей, одинаковых по изучаемому признаку, скрестить между собой, то во втором поколении признаки обоих родителей проявляются в определённом числовом соотношении: $\frac{3}{4}$ особей будут иметь доминантный признак, $\frac{1}{4}$ — рецессивный.

Явление, при котором скрещивание гетерозиготных особей приводит к образованию потомства, часть которого несёт доминантный признак, а часть — рецессивный, называют **расщеплением** 363 ▶. Следовательно, *расщепление* — это распределение доминантных и рецессивных признаков среди потомст-

ва в определённом числовом соотношении. Рецессивный признак у гибридов первого поколения не исчезает, а только подавляется и проявляется во втором гибридном поколении (F_2).



Таким образом, **второй закон Менделя** 364 можно сформулировать следующим образом: *при скрещивании двух гетерозиготных потомков первого поколения между собой во втором поколении наблюдается расщепление в определённом числовом отношении: по фенотипу 3 : 1, по генотипу 1 : 2 : 1*. Это означает, что среди потомков 25% организмов будут обладать доминантным признаком и являться гомозиготными, 50% потомков, также с доминантным фенотипом, окажутся гетерозиготными, а остальные 25% особей, несущих рецессивный признак, будут гомозиготными по рецессивному гену.

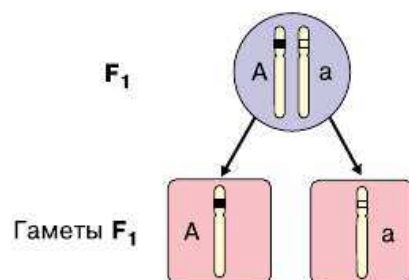
При неполном доминировании в потомстве гибридов (F_2) расщепление по генотипу и фенотипу совпадает (1 : 2 : 1).

Закон чистоты гамет 365. Мендель предположил, что наследственные факторы при образовании гибридов не смешиваются, а сохраняются в неизменном виде. У гибрида F_1 , полученного от скрещивания родителей, различающихся по альтернативным признакам, присутствуют оба фактора: доминантный и рецессивный. В виде признака проявляется доминантный наследственный фактор, рецессивный же подавляется. Связь между поколениями при половом размножении осуществляется через половые клетки — гаметы. Мендель высказал догадку, что каждая гамета содержит только один наследственный фактор из пары. Тогда слияние двух гамет, каждая из которых несёт рецессивный наслед-

ственный фактор, будет приводить к образованию организма с рецессивным признаком, проявляющимся фенотипически. Слияние же гамет, одна из которых несёт доминантный фактор, а вторая — доминантный или рецессивный фактор, будет приводить к развитию организма с доминантным признаком. Таким образом, появление во втором поколении (F_2) рецессивного признака одного из родителей (Р) может иметь место только при соблюдении двух условий: 1) если у гибридов наследственные факторы сохраняются в неизменном виде; 2) если половые клетки содержат только один наследственный фактор из аллельной пары.

Расщепление признаков в потомстве при скрещивании гетерозиготных особей Мендель объяснил тем, что гаметы с генетической точки зрения чисты, т. е. несут только один наследственный фактор (ген) из аллельной пары. Закон чистоты гамет можно сформулировать следующим образом: *при образовании половых клеток в каждую гамету попадает только один ген из аллельной пары.*

Почему и как это происходит? В процессе образования гамет у гибрида гомологичные хромосомы во время первого мейотического деления попадают в разные клетки:



Образуются два сорта гамет по данной аллельной паре. При оплодотворении гены могут случайно комбинироваться в зиготе во всех возможных сочетаниях: AA , Aa , aa .

Цитологической основой расщепления признаков у потомства при моногибридном скрещивании является расхождение гомологичных хромосом и образование гаплоидных половых клеток в мейозе.

? Вопросы для повторения и задания

1. Сформулируйте второй закон Г. Менделя. Почему его называют законом расщепления?
2. Объясните, что такое чистота гамет. В прямом или переносном смысле в этом термине используется слово «чистота»?
3. На каком явлении основан закон чистоты гамет?



- **Обратитесь к дополнительным печатным источникам информации** — энциклопедиям, монографиям, периодическим научным изданиям.
- **Обратитесь к электронному приложению**, материалы которого являются дополнительным источником информации, раскрывающим содержание ключевых понятий параграфа. Выполните задания Т68—Т70.
- **Подготовьтесь к следующему уроку.** Используя дополнительные источники информации (книги, статьи, ресурсы сети Интернет и др.), сделайте сообщение по ключевым словам и словосочетаниям следующего параграфа.

18. Третий закон Менделя. Анализирующее скрещивание

Вспомните!

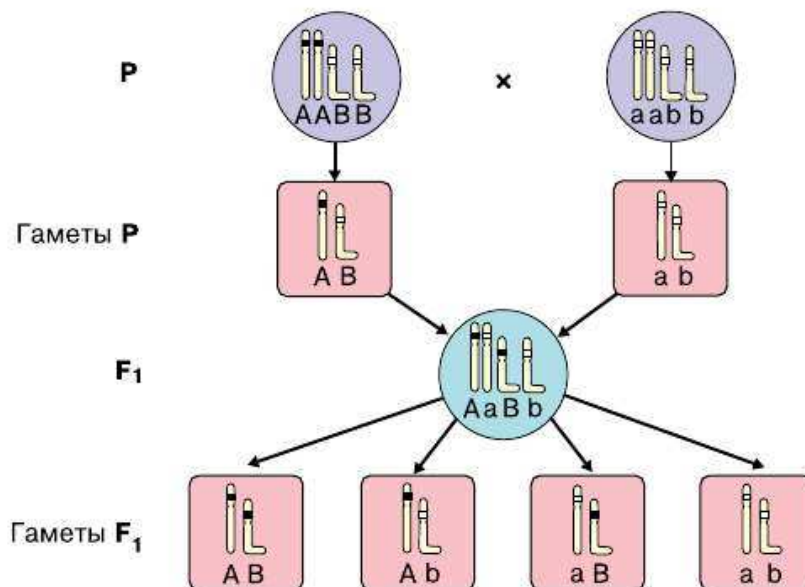
- Моногибридное скрещивание • Гетерозиготный • Гомозиготный
- Гомологичные хромосомы

Третий закон Менделя. **Дигибридное скрещивание** 366 ►. Изучение наследования одной пары аллелей позволило Менделю установить ряд важных генетических закономерностей. Явление расщепления позволило предположить, что гаметы генетически чисты, т. е. содержат только один ген из аллельной пары.

Однако организмы отличаются друг от друга по многим признакам. Установить закономерности наследования двух (и более) пар альтернативных признаков можно путём дигибридного или полигибридного скрещивания. *Дигибридным или полигибридным скрещиванием называют такое скрещивание, при котором исследователи наблюдают за характером наследования двух или более пар взаимоисключающих (альтернативных) признаков.*

Для дигибридного скрещивания Мендель взял гомозиготные растения гороха, различающиеся по двум генам: окраске семян (жёлтые и зелёные) и форме семян (гладкие и морщинистые). Доминантные признаки — жёлтая окраска (*A*) и гладкая форма (*B*) семян. Каждое растение образует один сорт гамет по изучаемым аллелям. При слиянии этих гамет всё потомство будет единообразным.

При образовании гамет у гибрида первого поколения из каждой пары аллельных генов в гамету попадает только один, при этом вследствие случайности расхождения отцовских и материнских хромосом в первом делении мейоза ген *A* может попасть в одну гамету с геном *B* или с геном *b*, точно так же как ген *a* может объединиться в одной гамете с геном *B* или с геном *b*.



Поскольку в каждом организме образуется много половых клеток, в силу статистических закономерностей у гибрида возникают четыре сорта гамет в одинаковом количестве (по 25%): *AB*, *Ab*, *aB*, *ab*. Во время оплодотворения каждая из гамет одного организма случайно встречается с любой из гамет другого организма. Все возможные сочетания мужских и женских гамет можно легко установить с помощью **решётки Пеннета** 367. Над решёткой по горизонтали выписывают гаметы одного родителя, а по левому краю решётки по вертикали — гаметы другого. В квадратики вписывают генотипы зигот, образующихся при слиянии гамет (рис. 40). Так, по фенотипу потомство делится на четыре группы в следующем отношении: 9 семян жёлтых гладких : 3 жёлтых морщинистых : 3 зелёных гладких : 1 зелёное морщинистое. Если учитывать результаты расщепления по каждой паре признаков в отдельности, то получится, что отношение числа жёлтых семян к числу зелёных и отношение числа гладких к числу морщинистых для каждой пары равно 3 : 1. Таким образом, в дигибридном скрещивании каждая пара признаков ведёт себя так же, как при моногибридном скрещивании, т. е. независимо от другой пары признаков.

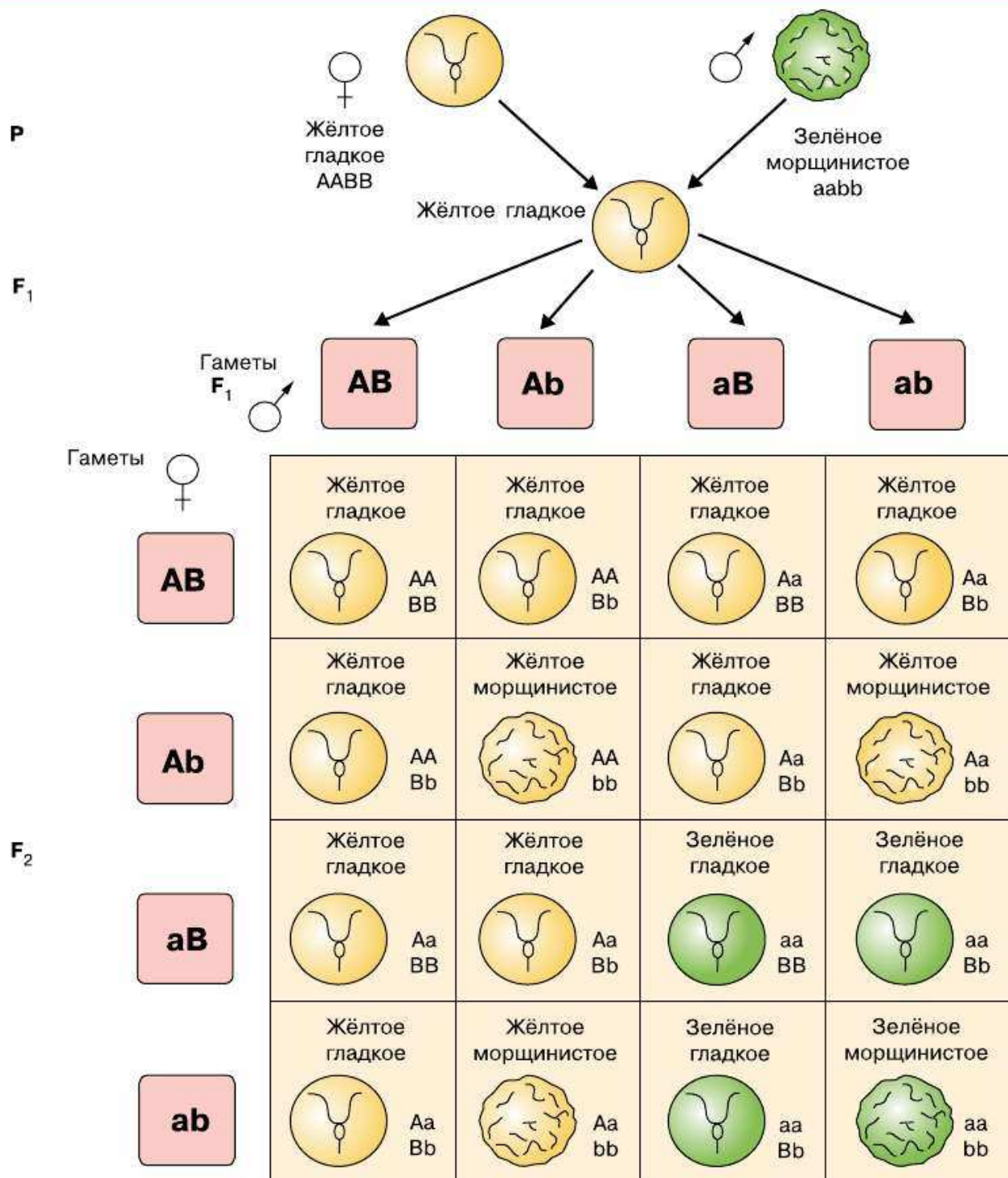


Рис. 40. Наследование окраски и формы семян у гороха: *A* — жёлтая окраска; *a* — зелёная окраска; *B* — гладкая форма семян; *b* — морщинистая форма семян

При оплодотворении гаметы соединяются по правилам случайных сочетаний, но с равной вероятностью для каждой. Независимое распределение признаков в потомстве и возникновение

различных комбинаций генов, определяющие развитие этих признаков, при дигибридном скрещивании *возможны лишь в случае, если пары аллельных генов расположены в разных парах гомологичных хромосом*.

Теперь можно сформулировать **третий закон Менделя** 368: при скрещивании двух гомозиготных особей, отличающихся друг от друга по двум (и более) парам альтернативных признаков, гены и соответствующие им признаки наследуются независимо друг от друга и комбинируются во всех возможных сочетаниях.

Если родительские формы различаются по двум парам признаков, во втором поколении наблюдается расщепление 9 : 3 : 3 : 1. На законах Менделя основан анализ расщепления и в более сложных случаях: при различиях особей по трём, четырём (и более) парам признаков.

Можно рассчитать также число образующихся типов гамет.

Общая **формула** 369 расчёта типов гамет у полигибридов — 2^n , где n — число гетерозиготных пар генов в генотипе:

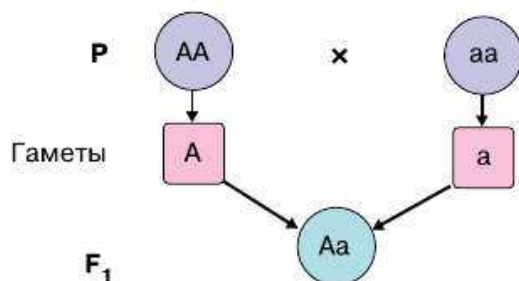
У гибрида Aa образуются два типа гамет, или 2^1 .

У дигибрида $AaBb$ — четыре типа гамет, или 2^2 .

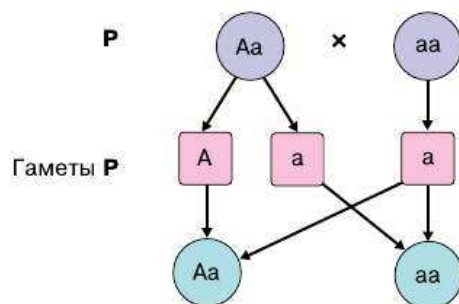
У тригибрида $AaBbCc$ — восемь типов гамет, или 2^3 .

Анализирующее скрещивание 370. Для того чтобы установить, гомозиготен или гетерозиготен организм, имеющий доминантный фенотип по исследуемому гену (генам), его скрещивают с организмом, гомозиготным по рецессивному аллелю (аллелям), имеющему рецессивный фенотип.

Если доминантная особь гомозиготна, потомство от такого скрещивания будет единообразным и расщепления не произойдёт:

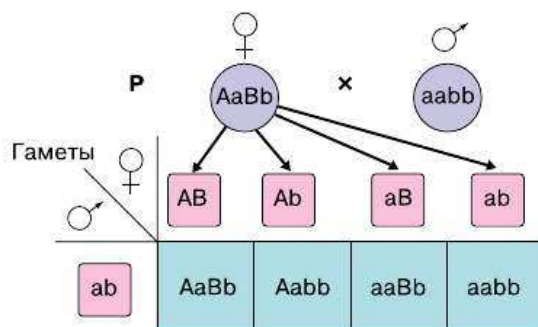


Иная картина получается, если исследуемый организм гетерозиготен:



Расщепление произойдёт в отношении 1 : 1 по фенотипу. Такой результат — прямое доказательство образования у одного из родителей двух сортов гамет, т. е. его гетерозиготности (рис. 41).

Анализирующее скрещивание при гетерозиготности исследуемого организма по двум парам генов выглядит так:



В потомстве от такого скрещивания образуются четыре группы фенотипов, отличающиеся друг от друга по комбинации двух изучаемых признаков, в отношении 1 : 1 : 1 : 1.



Вопросы для повторения и задания

1. Сформулируйте третий закон Менделя. Почему его называют законом независимого наследования?
2. Для каких аллельных пар справедлив третий закон Менделя?
3. Что такое анализирующее скрещивание?
4. Какое будет расщепление в анализирующем скрещивании, если исследуемая особь с доминантным фенотипом имеет генотип $AABb$?
5. Сколько типов гамет образуется у особи с генотипом $AaBBCcDdffEe$?

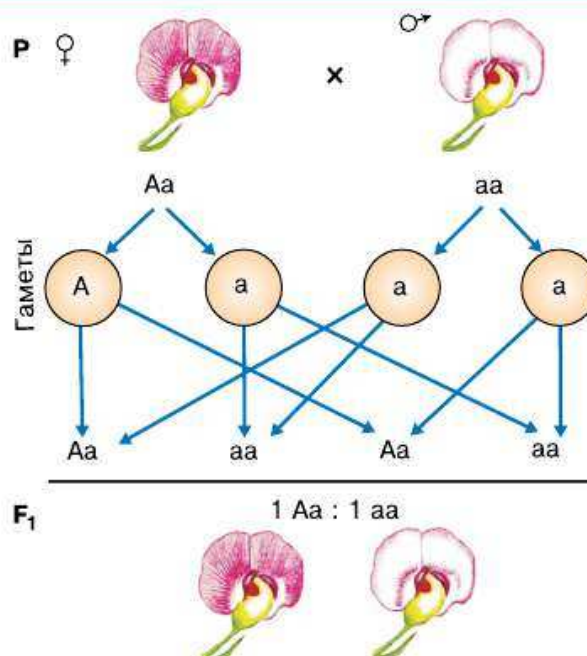


Рис. 41. Анализирующее скрещивание при моногибридном наследовании: А — пурпурная окраска цветка; а — белая окраска цветка

6. Обсудите в классе, можно ли утверждать, что законы Менделя носят всеобщий характер, т. е. справедливы для всех организмов, размножающихся половым путём.

Работа с дополнительными источниками информации

- **Обратитесь к дополнительным печатным источникам информации** — энциклопедиям, монографиям, периодическим научным изданиям.
- **Обратитесь к электронному приложению**, материалы которого являются дополнительным источником информации, раскрывающим содержание ключевых понятий параграфа. Выполните задания Т71—Т74.
- **Подготовьтесь к следующему уроку.** Используя дополнительные источники информации (книги, статьи, ресурсы сети Интернет и др.), сделайте сообщение по ключевым словам и словосочетаниям следующего параграфа.

19. Сцепленное наследование генов

Вспомните!

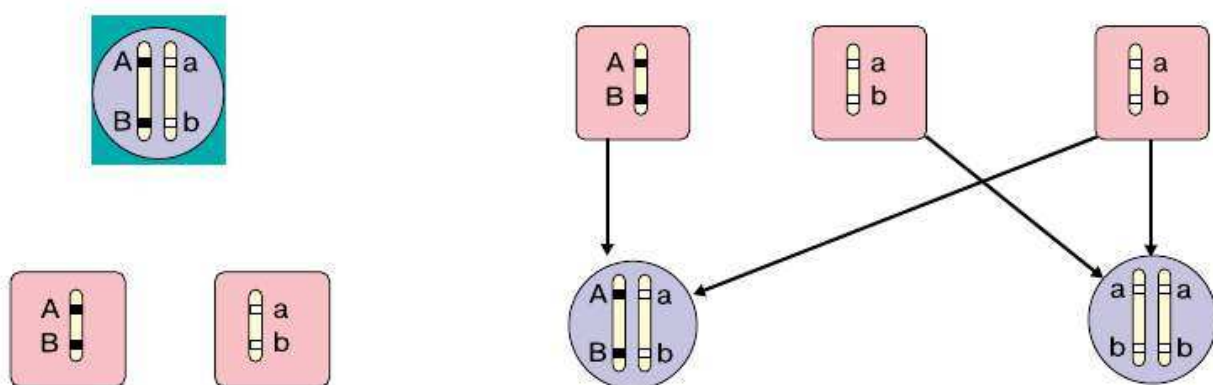
- Мейоз • Гомологичные хромосомы • Негомологичные хромосомы • Конъюгация • Кроссинговер

Г. Мендель проследил наследование семи пар признаков у душистого горошка. В дальнейшем многие исследователи, изучая наследование признаков у организмов разных видов, подтвердили

законы Менделя. Было признано, что эти законы носят всеобщий характер.

Однако позднее оказалось, что у душистого горошка два признака — форма пыльцы и окраска цветков — не дают независимого распределения в потомстве: потомки оставались похожими на родителей. Постепенно таких исключений из третьего закона Менделя накапливалось всё больше. Стало ясно, что принцип независимого распределения в потомстве и свободного комбинирования распространяется не на все гены. В самом деле, у любого организма признаков очень много, а число хромосом невелико. Следовательно, в каждой хромосоме должно находиться много генов. Такие гены называют сцепленными друг с другом. Они образуют **группу сцепления** 371. Иными словами, каждая хромосома представляет собой не что иное, как группу сцепления, а поскольку гомологичные хромосомы несут гены, отвечающие за развитие одних и тех же признаков, генетики в неё включают обе парные хромосомы. Число групп сцепления соответствует количеству хромосом в гаплоидном (одинарном) наборе. Так, например, у человека 46 хромосом — 23 группы сцепления, у дрозофилы 8 хромосом — 4 группы сцепления, у гороха 14 хромосом — 7 групп сцепления.

Гены, расположенные в одной хромосоме, наследуются так:



Явление совместного наследования генов, локализованных в одной хромосоме, называют **сцепленным наследованием** 372, а локализацию генов в одной хромосоме — **сцеплением генов** 373.

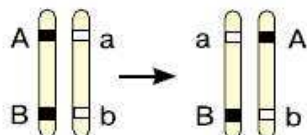
Таким образом, третий закон Менделя применим к наследованию аллельных пар, находящихся в негомологичных хромосомах.

Все гены, входящие в одну хромосому, передаются по наследству вместе. Эта закономерность была впервые вскрыта американским генетиком **Томасом Морганом** 374 и впослед-

ствии получила название **закона Моргана** 375 : *гены, расположенные в одной хромосоме, называются сцепленными и наследуются совместно.*

Однако при анализе наследования сцепленных генов было обнаружено, что в некотором проценте случаев, строго определённом для каждой пары генов, сцепление может нарушаться.

Вспомним мейоз. В профазе первого мейотического деления гомологичные хромосомы конъюгируют. В этот момент между ними может произойти обмен участками:



Если в результате кроссинговера в некоторых клетках происходит обмен участками хромосом между генами *A* и *B*, то появляются гаметы *Ab* и *aB* и в потомстве образуются четыре группы фенотипов, как при свободном комбинировании генов. Отличие заключается в том, что числовое отношение фенотипов не соответствует отношению 1 : 1 : 1 : 1, установленному для дигибридного анализирующего скрещивания.

Таким образом, сцепление генов может быть **полным** 377 и **неполным** 376 . Причиной нарушения сцепления служит кроссинговер — перекрёст хромосом в профазе I мейотического деления. Чем дальше друг от друга расположены гены в хромосоме, тем выше вероятность перекрёста между ними и тем больше процент гамет с перекомбинированными генами, а следовательно, и больше процент особей, отличных от родителей.



Вопросы для повторения и задания

1. Для каких пар аллельных генов справедлив третий закон Менделя? При каком расположении различных пар аллельных генов он «не работает»?
2. Что такое сцепленное наследование?
3. Что такое группы сцепления? Сколько таких групп у человека?
4. Какие процессы могут нарушать сцепление генов?
5. Подумайте, чем можно объяснить тот факт, что вероятность перекрёста между генами тем больше, чем дальше друг от друга расположены эти гены на хромосоме.
6. Согласны ли вы с утверждением, что нарушение сцепления генов повышает изменчивость? Объясните свою точку зрения.



- **Обратитесь к дополнительным печатным источникам информации** — энциклопедиям, монографиям, периодическим научным изданиям.
- **Обратитесь к электронному приложению**, материалы которого являются дополнительным источником информации, раскрывающим содержание ключевых понятий параграфа. Выполните задания Т75, Т76.
- **Подготовьтесь к следующему уроку.** Используя дополнительные источники информации (книги, статьи, ресурсы сети Интернет и др.), сделайте сообщение по ключевым словам и словосочетаниям следующего параграфа.

20. Генетика пола. Наследование признаков, сцепленных с полом

Вспомните!

- Первичные половые признаки • Вторичные половые признаки
- Гаметы • Кариотип • Дальтонизм • Гемофилия

Проблема происхождения половых различий, механизмов определения пола и поддержания определённого соотношения полов в группах животных очень важна и для теоретической биологии, и для практики. Возможность искусственного регулирования пола животных была бы исключительно полезна для сельского хозяйства.

Пол у животных чаще всего определяется в момент оплодотворения. Важнейшая роль в этом принадлежит хромосомному набору зиготы. Вспомним, что в зиготе содержатся парные — гомологичные — хромосомы, одинаковые по форме, размерам и набору генов в каждой. На рисунке 42 изображены хромосомы человека — женщины и мужчины. В женском кариотипе все хромосомы парные. В мужском кариотипе имеются одна крупная равноплечая непарная хромосома, не имеющая гомолога, и маленькая палочковидная хромосома, встречающаяся только в кариотипе мужчин. Таким образом, кариотип человека содержит 22 пары хромосом, одинаковых у мужского и женского организмов, и одну пару хромосом, по которой различаются оба пола.

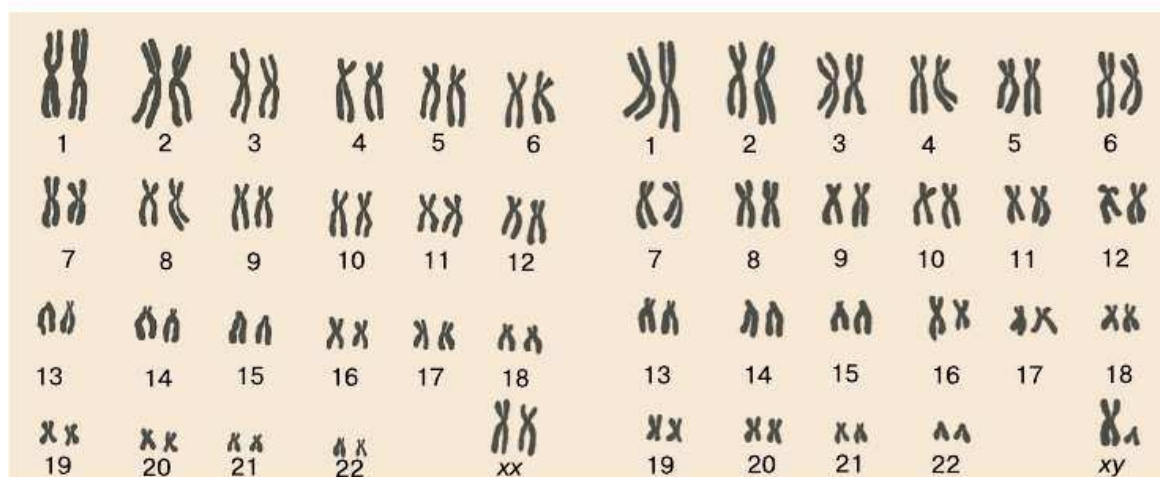


Рис. 42. Кариотип человека (справа — мужчины, слева — женщины)

Хромосомы, по которым мужской и женский пол отличаются друг от друга, называют **половыми** 378 или **гетерохромосомами**. Половые хромосомы у женщин одинаковы, их называют X-хромосомами. У мужчин имеются одна X-хромосома и одна Y-хромосома. При созревании половых клеток в результате мейоза гаметы получают гаплоидный набор хромосом. При этом все яйцеклетки имеют по одной X-хромосоме.

Пол, который образует гаметы, одинаковые по половой хромосоме, называют **гомогаметным** 379 и обозначают как XX.

При сперматогенезе получаются гаметы двух сортов: половина несёт X-хромосому, половина — Y-хромосому.

Пол, который формирует гаметы, неодинаковые по половой хромосоме, называют **гетерогаметным** 380 и обозначают как XY.

У млекопитающих, в частности человека, некоторых насекомых, например **плодовой мушки-дрозофилы** 381, и ряда других организмов гомогаметен женский пол; у бабочек, пресмыкающихся, птиц — мужской. Так, кариотип петуха обозначается как XX, а кариотип курицы — XY.

У человека решающую роль в определении пола играет Y-хромосома. Если яйцеклетка оплодотворяется сперматозоидом, несущим X-хромосому, развивается женский организм. Следовательно, женщины имеют одну X-хромосому от отца и одну X-хромосому от матери. Если яйцеклетка оплодотворяется сперматозоидом, несущим Y-хромосому, развивается мужской организм. Мужчина (XY) получает X-хромосому только от матери. Этим обусловлена особенность наследования генов, расположенных

в половых хромосомах. *Наследование признаков, гены которых находятся в X- или Y-хромосомах, называют **наследованием, сцепленным с полом*** 382. Распределение этих генов в потомстве должно соответствовать распределению половых хромосом в мейозе и их сочетанию при слиянии половых клеток в процессе оплодотворения.

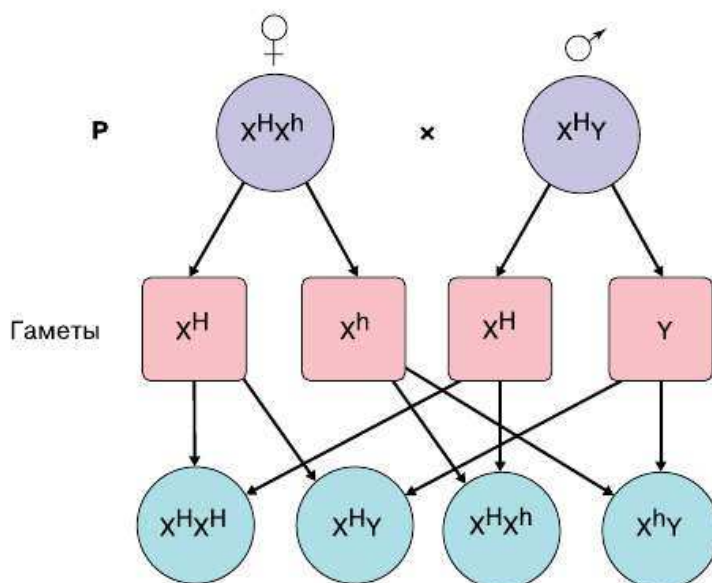
Рассмотрим наследование генов, расположенных в X-хромосоме. Следует иметь в виду, что в половых хромосомах могут находиться и гены, не участвующие в развитии половых признаков. Так, X-хромосома дрозофилы включает ген, от которого зависит окраска её глаз. X-хромосома человека содержит ген, определяющий свёртываемость крови (*H*). Его рецессивный аллель (*h*) вызывает тяжёлое заболевание, характеризующееся пониженной свёртываемостью крови, — **гемофилию** 383. В этой же хромосоме находятся гены, обуславливающие слепоту к красному и зелёному цветам (**дальтонизм** 384), форму и объём зубов, синтез ряда ферментов и т. д.

При сцеплении с полом может проявиться и рецессивный ген, имеющийся в генотипе в единственном числе. Это происходит, когда он находится в X-хромосоме гетерогаметного организма. При кариотипе XY рецессивный ген в X-хромосоме проявляется фенотипически, поскольку Y-хромосома не гомологична X-хромосоме и не содержит доминантного аллеля. Наследование сцепленного с полом гена дальтонизма изображено на рисунке 43.



Рис. 43. Наследование дальтонизма у человека: *D* — нормальное зрение; *d* — дальтонизм (цветовая слепота)

Наследование гемофилии представлено на следующей схеме на примере брака женщины — **носительницы гена** 385 гемофилии ($X^H X^h$) со здоровым мужчиной:



Половина мальчиков от такого брака будет страдать гемофилией.

При локализации какого-либо гена в Y-хромосоме признаки передаются только от отца к сыну.

В настоящее время изучено наследование многих нормальных и патологических (от греч. *патос* — болезнь) признаков у человека.

? Вопросы для повторения и задания

1. Какие хромосомы называют половыми?
2. Какой пол называют гомогаметным и какой — гетерогаметным?
3. Что такое сцепление генов с полом? Приведите примеры наследования гена, сцепленного с полом.
4. Почему проявляются в виде признака рецессивные гены, локализованные в X-хромосоме человека? Используя дополнительные источники информации, приведите примеры доминантных и рецессивных признаков у человека, сцепленных с полом.
5. Объясните, почему пол организма обычно определяется в момент оплодотворения, т. е. при слиянии сперматозоида и яйцеклетки.
6. Решите задачу. У молодых цыплят нет заметных половых различий, а между тем экономически целесообразно устанавливать для будущих петушков

и курочек различные режимы кормления. Известно, что ген, определяющий окраску оперения, локализован в X-хромосоме, причём рябая окраска доминирует над белой, и различие между окрасками заметно сразу же после вылупления. Какое надо поставить скрещивание, чтобы можно было сразу разделить вылупившихся цыплят по полу?



Работа с дополнительными источниками информации

- **Обратитесь к дополнительным печатным источникам информации** — энциклопедиям, монографиям, периодическим научным изданиям.
- **Обратитесь к электронному приложению**, материалы которого являются дополнительным источником информации, раскрывающим содержание ключевых понятий параграфа. Выполните задания Т77, Т78.
- **Подготовьтесь к следующему уроку.** Используя дополнительные источники информации (книги, статьи, ресурсы сети Интернет и др.), сделайте сообщение по ключевым словам и словосочетаниям следующего параграфа.

Глава

8

Закономерности изменчивости

Изменчивостью называют способность живых организмов приобретать новые признаки и свойства. Изменчивость отражает взаимосвязь организма с внешней средой. Различают наследственную (генотипическую) и ненаследственную (модификационную, или фенотипическую) изменчивость.



21. Наследственная (генотипическая) изменчивость

Вспомните!

• **Генотип** • **Ген** • **Кроссинговер** • **Кариотип** • **Полиплоидия**

К **наследственной изменчивости** 395 относят такие изменения признаков организма, которые определяются генотипом и сохраняются в ряду поколений. Иногда это крупные, хорошо за-

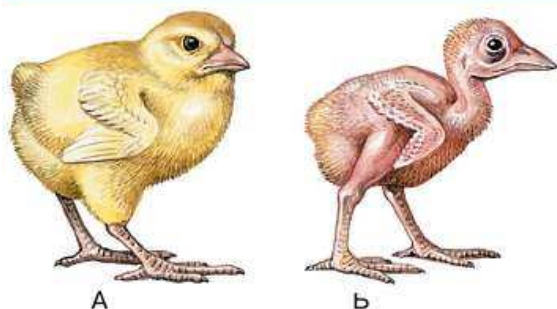


Рис. 44. Нормальный цыплёнок (А) и мутантный, лишённый оперения (Б)



Рис. 45. Доминантная мутация — отсутствие оперения на шее у петуха

метные изменения, например коротконогость у овец (см. рис. 60), **отсутствие оперения у кур** (рис. 44, 45), отсутствие пигмента (**альбинизм** ● 397) или, наоборот, его избыток (**меланизм** ● 398), короткопалость (рис. 46) или **полидактилия** ● 399 у человека (рис. 47). Вследствие изменений, передающихся по наследству, возникли карликовый сорт душистого горошка, растения с махровыми цветками и другие признаки. Чаще же это мелкие, едва заметные отклонения от нормы.

Наследственные изменения генетического материала называют **мутациями** ● 400 (от лат. *мутацио* — изменение).

Дарвин называл наследственную изменчивость *неопределённой* или *индивидуальной*, подчёркивая тем самым её случайный, ненаправленный характер и относительную редкость возникновения. Мутации возникают вследствие изменения структуры гена или хромосом и служат источником генетического разнообразия внутри вида. Благодаря постоянному мутационному процессу возникают разные варианты генов, составляющие резерв наследственной изменчивости. Однако разнообразие живых организмов, уникальность каждого генотипа обусловлены *комбинативной изменчивостью*. В основе комбинативной изменчивости лежат перегруппировка участков хромосом в процессе **кроссинговера** ● 409, случайное расхождение гомологичных хромосом в анафазу I, случайное расхождение сестринских хроматид в анафазу II, случайная встреча гамет при оплодотворении. При этом структура самих генов и хромосом остаётся той же, что и у родителей, но меняются сочетания наследственных задатков и характер их взаимодействия в генотипе.



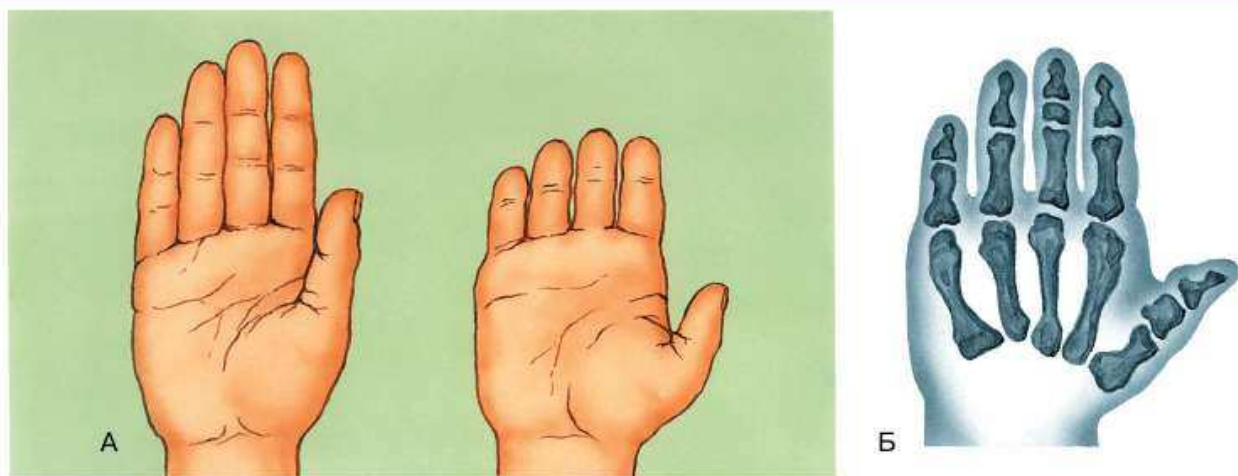


Рис. 46. Короткопалость у человека: А — нормальная рука (слева) и короткопалая (справа); Б — обратите внимание на укорочение костных фаланг и сращение этих косточек в одно целое



Рис. 47. Дополнительный палец (полидактилия) у человека

Характер проявления мутаций. Различают мутации доминантные и рецессивные. Большинство из них рецессивны и не проявляются у гетерозиготных организмов. Такие мутации составляют скрытый резерв наследственной изменчивости. Обладатели вредных доминантных мутаций часто оказываются нежизнеспособными и погибают на самых ранних этапах индивидуального развития.

Место возникновения мутаций. Мутации подразделяют на генеративные и соматические. Мутация, возникшая в половых клетках, не влияет на проявления признаков данного организма, а обнаруживается только в следующем поколении. Такие мутации называют **генеративными** 401. Если изменяются гены в соматических клетках, такие мутации проявляются у данного организма и не передаются потомству при половом размножении. Но при бесполом размножении, если организм развивается из клетки или группы клеток, имеющих изменившийся — мутировавший — ген, мутации могут передаваться потомству. Такие му-

тации называют **соматическими** 402. В растениеводстве соматические мутации используют для выведения новых сортов культурных растений. Пример соматической мутации у млекопитающих — изредка встречающееся чёрное пятно на фоне коричневой окраски шерсти у каракулевых овец.

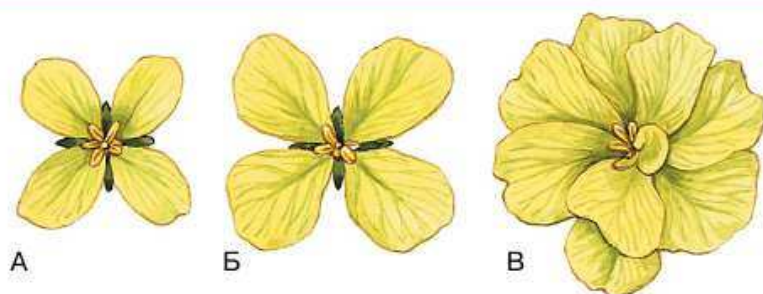
Уровни возникновения мутаций. Изменения, обусловленные заменой одного или нескольких нуклеотидов в пределах одного гена, называют **генными или точковыми мутациями** 403. Они влекут за собой изменение строения белков. В полипептидной цепи изменяется последовательность аминокислот и, как следствие, нарушается нормальное функционирование белковой молекулы.

Изменения структуры хромосом называют **хромосомными мутациями** 404. Эти мутации могут возникать вследствие утраты части хромосомы. Если в утраченный участок входят жизненно важные гены, то такая мутация может привести организм к гибели. Потеря небольшой части 21-й хромосомы у человека служит причиной развития у детей тяжёлого врождённого заболевания — острого лейкоза. В других случаях оторвавшийся участок может присоединиться к негомологичной хромосоме, в результате чего возникает новая комбинация генов, изменяющая характер их взаимодействия.

Изменения числа хромосом (уменьшение или увеличение) называют **геномными мутациями** 405. Вследствие нерасхождения какой-либо пары гомологичных хромосом в мейозе одна из образовавшихся гамет содержит на одну хромосому меньше, а другая — на одну хромосому больше, чем в нормальном гаплоидном наборе. Слияние с нормальной гаплоидной гаметой при оплодотворении приводит к образованию зиготы с меньшим или большим числом хромосом по сравнению с диплоидным набором, характерным для данного вида. В таких случаях нарушение генного баланса сопровождается нарушением развития. Известный пример — **болезнь Дауна** 407 у человека, причина которой — присутствие в кариотипе трёх хромосом 21-й пары. Болезнь Дауна проявляется значительным снижением жизнеспособности, недостаточным умственным развитием и рядом других расстройств.

У простейших и у растений часто наблюдается увеличение числа хромосом, кратное гаплоидному набору. Такое изменение хромосомного набора носит название **полиплоидии** 406. Степень её бывает различной. У простейших число хромосом может увеличиваться в несколько сотен раз. Широко распространена полиплоидия у высших растений. С увеличением числа хромо-

Рис. 48. Полиплоидия.
Цветки капусты:
А — диплоидная форма;
Б — тетраплоидная;
В — октоплоидная



сомных наборов в кариотипе возрастает надёжность генетической системы, уменьшается опасность снижения жизнеспособности в случае мутации. Полиплоидия нередко повышает жизнеспособность, плодовитость и другие жизненные свойства. В растениеводстве искусственно получают полиплоидные сорта культурных растений, которые отличаются высокой продуктивностью (рис. 48). У высших животных, например у млекопитающих, полиплоидия встречается лишь в некоторых тканях, например в клетках печени.

Свойства мутаций. Мутации наследственны, т. е. стойко передаются из поколения в поколение. Одни и те же мутации могут возникать у разных организмов, относящихся к одному виду. По своему проявлению мутации могут быть нейтральными, полезными и вредными, доминантными и рецессивными.

Способность к мутированию — одно из свойств гена. Однако существуют внешние факторы, значительно увеличивающие частоту мутаций, их называют **мутагенами** 408. К ним относятся, например, все виды ионизирующих излучений, соли тяжёлых металлов и многие другие.

Искусственное получение мутаций имеет и практическое значение, так как повышает генетическое разнообразие внутри популяции или вида, «поставляя» материал для селекционеров.

? Вопросы для повторения и задания

1. Какие формы изменчивости вам известны?
2. Что такое мутация? Чем комбинативная изменчивость отличается от мутационной?
3. Какие структуры клетки перестраиваются при мутационной изменчивости?
4. Сравните генеративные и соматические мутации. Что у них общего и чем они принципиально различаются?
5. Составьте и заполните таблицу «Многообразие мутаций (по уровню возникновения)».

6. Какие критерии положены в основу классификации мутаций, представленных в учебнике? Предложите свои варианты классификаций мутаций.
7. Что такое полиплоидия? Почему среди высших животных не существует полиплоидных организмов?
8. Как можно вызвать увеличение частоты мутаций?
9. Объясните, почему Чарлз Дарвин называл наследственную изменчивость неопределённой.



Работа с дополнительными источниками информации

- **Обратитесь к дополнительным печатным источникам информации** — энциклопедиям, монографиям, периодическим научным изданиям.
- **Обратитесь к электронному приложению**, материалы которого являются дополнительным источником информации, раскрывающим содержание ключевых понятий параграфа. Выполните задания Т83, Т84.
- **Подготовьтесь к следующему уроку.** Используя дополнительные источники информации (книги, статьи, ресурсы сети Интернет и др.), сделайте сообщение по ключевым словам и словосочетаниям следующего параграфа.

22. Ненаследственная (фенотипическая) изменчивость

Вспомните!

- Внешняя среда • Генотип • Фенотип

Каждый организм развивается в тесной взаимосвязи с окружающей средой. Такие факторы, как температура, свет, влажность, условия питания и многие другие, влияют на организмы и могут изменять морфологические и физиологические свойства организмов, т. е. их фенотип. Изменения, обусловленные действием окружающей среды, называют **модификациями** 410, а вид изменчивости, который приводит к их появлению, — **модификационной** или **фенотипической** 411.

Если у **гималайского кролика** 416 на спине выщипать белую шерсть и наложить холодную повязку, на этом месте вырастет чёрная шерсть (рис. 49). Если чёрную шерсть удалить и наложить тёплую повязку, вырастет белая шерсть. При выращивании гималайского кролика при температуре +30 °С вся шерсть у него будет белая. У потомства двух таких белых кроликов, выращенного в нормальных условиях, будет обычное распределение пигмента.

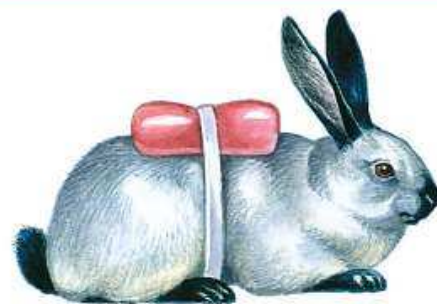
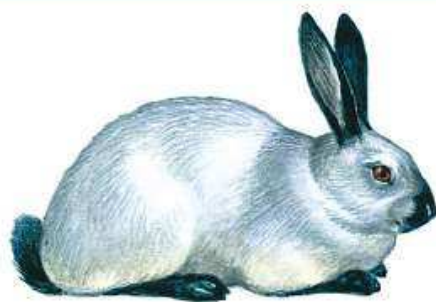


Рис. 49. Фенотипическое изменение окраски шерсти гималайского кролика под влиянием различных температур

Многие признаки изменяются в процессе роста и развития под влиянием факторов внешней среды. Такие изменения признаков не наследуются.

У **лотоса** 412 (рис. 50) и **водяного ореха** 413 (рис. 51) подводные и надводные листья имеют разную форму: у лотоса в воде длинные тонкие листья ланцетовидной формы, а у водяного ореха — изрезанные — перистые.

Под действием ультрафиолетовых лучей у всех людей (если они не альбиносы) кожа покрывается загаром благодаря накоплению в ней гранул пигмента меланина.

Таким образом, на действие определённого фактора внешней среды каждый вид организмов реагирует специфически, и реакция (изменение признака) оказывается сходной у всех особей данного вида.

Вместе с тем изменчивость признака под влиянием условий внешней среды не беспредельна. Степень варьирования признака, или, другими словами, пределы изменчивости, называют **нормой реакции** 418. Широта нормы реакции обусловлена генотипом и зависит от значения признака в жизнедеятельности организма. Узкая норма реакции свойственна таким важным признакам, как, например, размеры сердца или головного мозга. В то же время количество жира в организме изменяется в широких пределах. Мало варьирует строение цветка у растений, опыляемых насекомыми, зато очень изменчивы размеры листьев. Знание нормы реакции организма, пределов его модификацион-

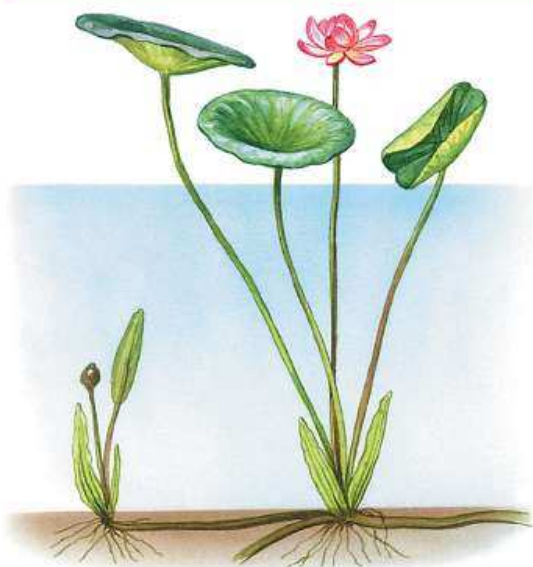


Рис. 50. Лотос орехоносный.
Схематический рисунок
общего вида растения

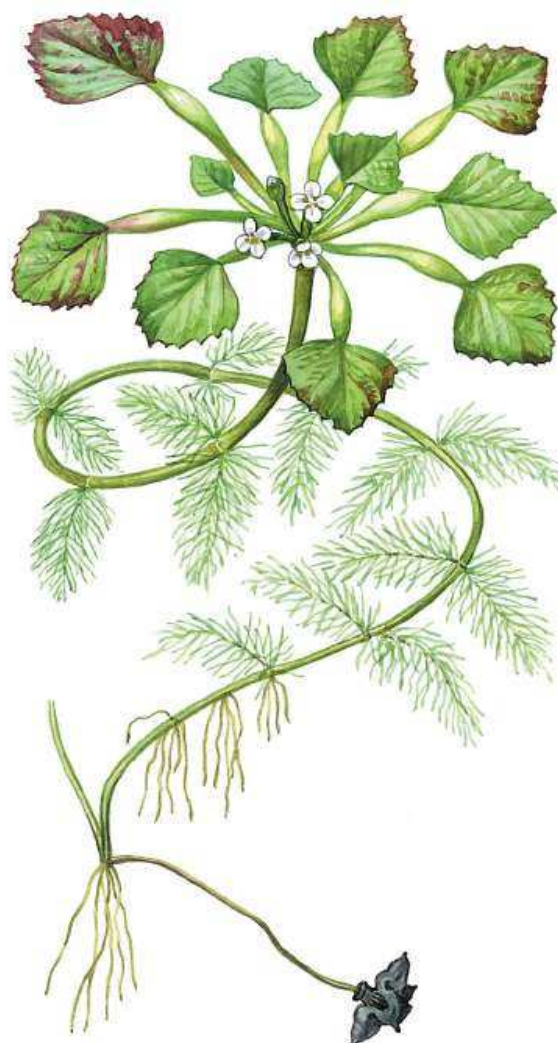


Рис. 51. Водяной орех плавающий.
Общий вид растения. Вверху показаны
надводные листья, на нижней части
стебля — подводные

ной изменчивости имеет большое значение в селекционной практике при «конструировании» новых форм растений, животных и микроорганизмов, полезных человеку. Особенно важно это для практики сельского хозяйства, цель которой — повышение продуктивности растений и животных путём не только внедрения новых селекционных форм — пород и сортов, но и максимального использования возможностей уже существующих пород и сортов. Знание закономерностей модификационной изменчивости необходимо и в медицине для поддержания и развития человеческого организма в пределах нормы реакции.

Таким образом, фенотипическая изменчивость характеризуется следующими основными свойствами: 1) ненаследуемость; 2) групповой характер изменений; 3) зависимость изменений от действия определённого фактора среды; 4) обусловленность пре-



делов изменчивости генотипом, т. е. при одинаковой направленности изменений степень их выраженности у разных организмов различна.



Вопросы для повторения и задания

1. Как среда влияет на проявление признака? Приведите примеры.
2. Докажите на примерах ненаследуемость изменений признака, вызванных действием условий внешней среды.
3. Что такое норма реакции? От чего зависит её широта? Приведите примеры признаков с широкой и узкой нормой реакции.
4. Перечислите свойства фенотипической изменчивости. Сравните её с генотипической изменчивостью. Оформите результаты сравнения в виде таблицы.
5. Приведите примеры известных вам из жизни приобретённых признаков. Объясните, почему они не наследуются.



Работа с дополнительными источниками информации

- **Обратитесь к дополнительным печатным источникам информации** — энциклопедиям, монографиям, периодическим научным изданиям.
- **Обратитесь к электронному приложению**, материалы которого являются дополнительным источником информации, раскрывающим содержание ключевых понятий параграфа. Выполните задания Т85—Т87.
- **Подготовьтесь к следующему уроку.** Используя дополнительные источники информации (книги, статьи, ресурсы сети Интернет и др.), сделайте сообщение по ключевым словам и словосочетаниям следующего параграфа.

Глава

9

Селекция растений, животных и микроорганизмов

В процессе становления человека как вида ему пришлось не только защищаться от диких зверей, устраивать убежища и т. п., но и обеспечивать себя пищей. Поиск съедобных растений и охота — не очень надёжные источники пищи, и голод был постоянным спутником первобытных людей. Естественный отбор на интеллект и развитие общественных отношений в первобытном людском стаде привели к формированию для человека искусственной среды обитания, уменьшающей его зависимость от при-

родных условий. При этом одним из крупнейших достижений стало создание постоянного источника продуктов питания путём одомашнивания диких животных и возделывания растений.

Выведение разнообразных пород животных и сортов растений стало возможным благодаря существованию у диких видов комбинативной наследственной изменчивости как результата полового размножения, а также искусственному отбору, применяемому человеком. Животные и растения, выведенные человеком, резко отличаются от своих диких предков по ряду качеств. У культурных форм сильно развиты отдельные признаки, ненужные или даже вредные для существования в естественных условиях, но полезные для человека. Например, способность некоторых пород кур нести 300 и более яиц в год лишена биологического смысла, поскольку такое количество яиц курица не может насиживать. Можно привести множество подобных примеров, относящихся не только к хозяйственно полезным признакам, но и к декоративным — у голубей, бойцовых петухов.

Размеры и продуктивность культурных растений выше, чем у родственных диких видов, но вместе с тем они лишены средств защиты от неблагоприятных условий окружающей среды и от поедания: горьких или ядовитых веществ, шипов, колючек.

Для более полного удовлетворения пищевых и технических потребностей человека создаются всё новые сорта растений и породы животных с заранее заданными свойствами. Разработка теории и методов создания и совершенствования пород животных и сортов растений представляет предмет особой науки — *селекции*.

23. Центры многообразия и происхождения культурных растений

Вспомните!

- Дикорастущие злаки • Культурные злаки • Селекция
- Генофонд

Генофонд существующих пород животных или сортов растений, естественно, беднее по сравнению с генофондом исходных диких видов. Между тем успех селекционной работы зависит главным

образом от генетического разнообразия исходной группы растений или животных. Поэтому при выведении **новых сортов растений** 419 и пород животных очень важны поиски и выявление полезных признаков у диких форм. С целью изучения многообразия и географического распространения культурных растений выдающийся русский генетик и селекционер **Н. И. Вавилов** 420 в 1920—1940 гг. организовал многочисленные экспедиции как на территории нашей страны, так и во многие зарубежные страны. Во время этих экспедиций были изучены мировые растительные ресурсы и собран огромный семенной материал, который в дальнейшем использовали для селекционной работы. Н. И. Вавилов сделал важные обобщения, послужившие крупным вкладом в теорию **селекции** 421; он выделил семь **центров происхождения культурных растений** 422, из которых они расселились по всему миру. Это Южноазиатский тропический центр — родина 50% культурных растений, Восточноазиатский, из которого расселилось по миру 20% культурных растений, Юго-Западноазиатский (14% культурных растений, в том числе пшеница, рожь, бобовые и др.), Средиземноморский (11% культурных растений, в том числе капуста, сахарная свёкла, чечевица), Абиссинский — родина ячменя, бананов, кофейного дерева и др., Центральноамериканский, откуда пошли кукуруза, хлопок, тыква, табак, и, наконец, Южноамериканский — родина картофеля, ананаса и др.

История вавиловской коллекции включает и драматические страницы. В 1940 г. её создатель был арестован по ложному обвинению и в 1943 г. погиб от истощения в саратовской тюрьме. Коллекция хранилась во Всесоюзном институте растениеводства в Ленинграде. Во время фашистской блокады города сотрудники института, голодавшие вместе со всеми ленинградцами, сумели сохранить всю коллекцию до последнего зёрнышка.

Работа по созданию семенных коллекций сортов культурных растений и их дикорастущих предков, начало которой положил Н. И. Вавилов, продолжается и в настоящее время. В нашей стране эта коллекция включает более 320 тыс. образцов. Сюда входят дикие виды, сородичи культурных растений, старые местные сорта, всё лучшее и новое, что создано за последнее время усилиями селекционеров всех стран мира. Из мирового генофонда учёные отбирают генетические источники хозяйственно ценных признаков: урожайности, скороспелости, устойчивости к болезням и вредителям, засухоустойчивости, устойчивости к полеганию и др. Современные генетические методы дают возможность добиваться в селекции растений очень крупных успехов. Так, использование

ценных генов дикого эфиопского ячменя позволило создать выдающийся по продуктивности сорт ярового ячменя Одесский-100.

Вопросы для повторения и задания

1. Чем отличаются одомашненные животные и культурные растения от диких?
2. Как вы считаете, какая наука является теоретической основой селекции?
3. Какое значение для селекции имеет знание центров происхождения культурных растений?
4. Какие центры происхождения культурных растений вам известны?
5. Определите, какие центры происхождения являются родиной культурных растений, выращиваемых в вашем регионе.
6. Объясните в классе, почему одомашнивание диких животных и возделывание культурных растений стало поворотным пунктом в развитии человечества.
7. Почему для успешной селекционной работы необходимо знать биологические свойства исходных диких видов?

Работа с дополнительными источниками информации

- **Обратитесь к дополнительным печатным источникам информации** — энциклопедиям, монографиям, периодическим научным изданиям.
- **Обратитесь к электронному приложению**, материалы которого являются дополнительным источником информации, раскрывающим содержание ключевых понятий параграфа. Выполните задание Т89.
- **Подготовьтесь к следующему уроку.** Используя дополнительные источники информации (книги, статьи, ресурсы сети Интернет и др.), сделайте сообщение по ключевым словам и словосочетаниям следующего параграфа.

24. Селекция растений и животных

Вспомните!

- Порода • Сорт • Генофонд • Гомозиготные организмы
- Полиплоиды

Основная задача селекции — создание высокопродуктивных пород животных, сортов растений и штаммов микроорганизмов, наилучшим образом удовлетворяющих пищевые, эстетические и технические потребности человека.

Породой и сортом (чистой линией) называют искусственно созданную человеком популяцию организмов, которая характеризуется специфическим генофондом, наследственно закреплёнными морфологическими и физиологическими признаками, определённым уровнем и характером продуктивности.

Каждой породе или сорту свойственна определённая норма реакции. Так, куры породы белый леггорн отличаются высокой яйценоскостью. При улучшении условий содержания и кормления яйценоскость кур повышается, а масса их практически не меняется. Фенотип (в том числе продуктивность) наиболее полно проявляется лишь при определённых условиях, поэтому для каждого района с теми или иными климатическими условиями, агротехническими приёмами и т. д. необходимо иметь свои сорта и породы.

Все эти факторы необходимо учитывать при интенсивном сельскохозяйственном производстве, цель которого — максимальное производство продуктов питания при минимальных затратах средств на единицу продукции. Интенсификация сельского хозяйства стала актуальной задачей нашего времени в связи с острой нехваткой продуктов питания в некоторых регионах мира. Особенно большое значение имеет дефицит белка, без которого невозможно нормальное развитие. Решается эта проблема разными способами, включающими совершенствование агротехники, подбор пород животных и сортов культурных растений, наиболее продуктивных в данных условиях, производство для животных кормового белка из нетрадиционных источников и т. д. К числу таких способов относится и широкое использование современных методов селекции.

Отбор и гибридизация. Основными методами селекции являются отбор и гибридизация. В растениеводстве по отношению к перекрёстноопыляющимся растениям нередко применяют **массовый отбор** 423. При таком отборе в посеве сохраняют только растения с нужными качествами. При повторном посеве снова отбирают растения с определёнными признаками. Так были выведены сорта ржи (например, сорт Вятка). Сорт, получаемый этим способом, генетически неоднороден, и отбор время от времени приходится повторять. **Индивидуальный отбор** 424 сводится к выделению отдельных особей и получению от них потомства. Индивидуальный отбор приводит к получению **чистой линии** 425 — группы генетически однородных (гомозиготных) организмов. Путём отбора были выведены многие ценные сорта культурных растений (рис. 52).

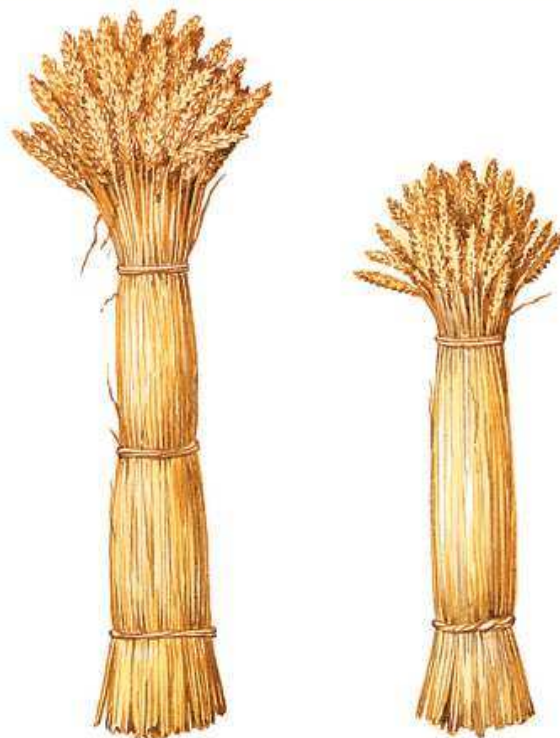


Рис. 52. Полученный в результате селекционной работы низкостебельный сорт пшеницы с улучшенным качеством клейковины (справа) и исходный сорт (слева)

Для внесения в генофонд создаваемого сорта растений или **породы животных** 435 ценных генов и получения оптимальных комбинаций признаков применяют **гибридизацию** 427 с последующим отбором. Так, некий сорт пшеницы может иметь прочный стебель и быть устойчивым к полеганию, но в то же время его легко поражает ржавчина. Другой же сорт, с тонкой и слабой соломиной, устойчив к ржавчине. При скрещивании этих двух сортов пшениц в потомстве обнаруживаются различные комбинации, в том числе у части растений сочетаются признаки устойчивости к полеганию и к ржавчине. Такие гибриды отбирают и используют для посева.

В животноводстве из-за малого числа потомков широко используют индивидуальный отбор с тщательным учётом хозяйственно полезных признаков и гибридизацию — **скрещивание** 437. У сельскохозяйственных животных проводят или близкородственное скрещивание (**инбридинг** 438) для перевода большинства генов породы в гомозиготное состояние, или неродственное скрещивание (**аутбридинг** 439) между породами или даже видами. Неродственное скрещивание имеет целью комбинацию нескольких полезных признаков. Такое скрещивание при последующем строгом отборе приводит к улучшению свойств породы (рис. 53).

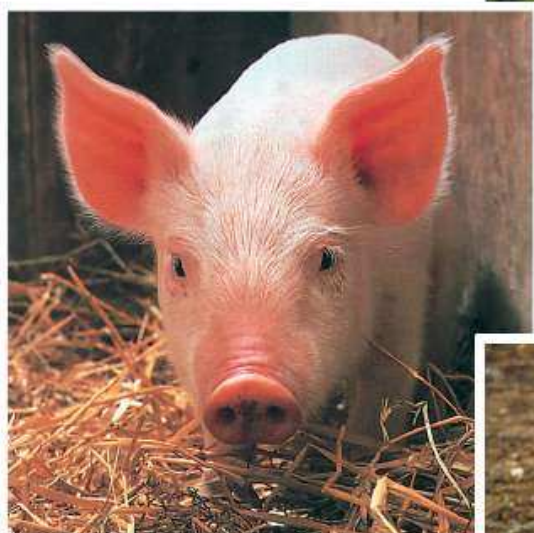


Рис. 53. Отбор по полезным для человека признакам приводит к изменению исходного дикого вида. Вверху справа — дикий кабан, слева и внизу — чистопородный одомашненный боров

При скрещивании разных пород животных или сортов растений, а также при межвидовых скрещиваниях гибриды первого поколения отличаются повышенной жизнеспособностью и мощным развитием (рис. 54). Это явление, получившее название **гетерозиса** 426 или **гибридной силы**, объясняется переходом многих генов в гетерозиготное состояние и взаимодействием благоприятных доминантных генов.

Одно из выдающихся достижений современной селекции — разработка способов преодоления бесплодия межвидовых гибридов. Впервые это удалось осуществить в начале XX в. советскому генетику Г. Д. Карпеченко при получении **капустно-редечного гибрида** 433 (скрещивание капусты и редьки). Это вновь созданное человеком растение не было похоже ни на редьку, ни на капусту. Стручки его состояли из двух половинок, из которых одна напоминала стручок капусты, другая — редьки.

Впоследствии удалось получить гибрид пшеницы с пыреем. На основе этого гибрида был выведен новый сорт пшеницы — зерно-



Рис. 54. Гетерозис по продуктивности гибрида (в центре), полученного от скрещивания двух различных линий кукурузы (рядом)

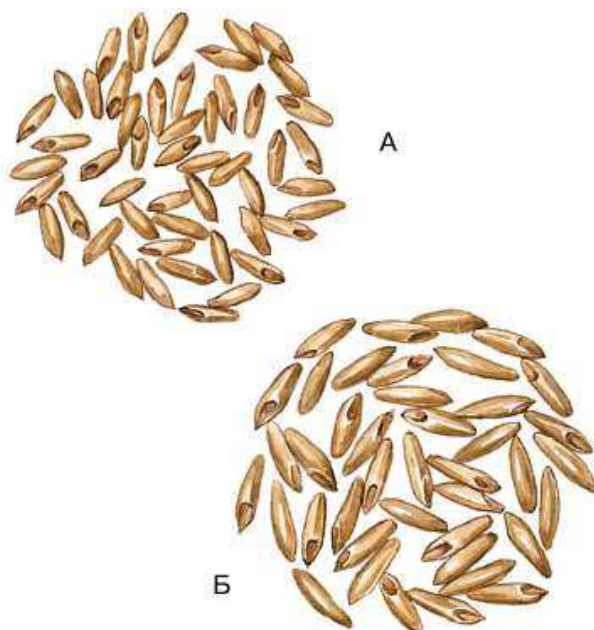


Рис. 55. Семена ржи:
А — диплоидный сорт ($2n = 14$);
Б — тетраплоидный ($4n = 28$)

кормовой, который за три укоса в сезон даёт до 300—450 ц/га зелёной массы. Методами отдалённой гибридизации получена также новая зерновая и кормовая культура — гибрид пшеницы с рожью. Этот гибрид, названный **тритикале** 434, удачно сочетает ценные признаки пшеницы и ржи, давая большие урожаи зерна и зелёной массы с высокими питательными качествами.

Нередко в растениеводстве путём **полиплоидии** 428 получают растения, отличающиеся более крупными размерами, высокой урожайностью и более активным синтезом органических веществ (рис. 55). Широко распространены полиплоидные сорта клевера, сахарной свёклы, турнепса, ржи, гречихи, масличных растений.



Вопросы для повторения и задания

1. Что называют породой; сортом?
2. Какие основные методы селекции вы знаете?
3. Сравните массовый отбор и индивидуальный отбор. В чём их сходство и различия?
4. С какой целью в селекционной работе производится скрещивание?
5. Какие межвидовые гибриды вам известны?

6. Какими особенностями отличаются полиплоидные сорта культурных растений?
7. Чем отличаются методы одомашнивания, применявшиеся первобытным человеком, от современных?
8. Какие породы животных и сорта растений характерны для вашей местности? Какими особыми признаками они обладают?
9. Если у вас есть домашние питомцы, подготовьте сообщение о породе, к которой они относятся. Как была выведена эта порода? В чём её особенности и преимущества? Какие условия необходимы для содержания животных такой породы?
10. Объясните в классе, почему в селекции растений и животных применяют разные методы.
11. Согласны ли вы с утверждением, что исходный материал местного происхождения представляет большую ценность для селекционной работы? Объясните свою точку зрения.

Работа с дополнительными источниками информации

- **Обратитесь к дополнительным печатным источникам информации** — энциклопедиям, монографиям, периодическим научным изданиям.
- **Обратитесь к электронному приложению**, материалы которого являются дополнительным источником информации, раскрывающим содержание ключевых понятий параграфа. Выполните задания Т88, Т90, Т91.
- **Подготовьтесь к следующему уроку.** Используя дополнительные источники информации (книги, статьи, ресурсы сети Интернет и др.), сделайте сообщение по ключевым словам и словосочетаниям следующего параграфа.

25. Селекция микроорганизмов

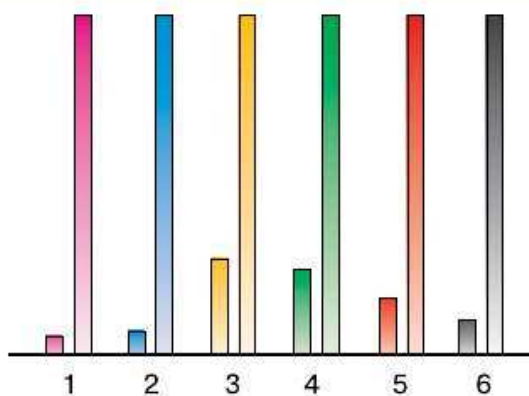
Вспомните!

- Прокариоты • Бактерии • Витамины
- Незаменимые аминокислоты • Интерферон • Инсулин

Микроорганизмы интенсивно используются в самых разнообразных технологических процессах. Прокариоты и одноклеточные эукариоты (в основном грибы и бактерии) с каждым годом всё

Рис. 56. На графике показано относительное увеличение продуктивности штаммов микроорганизмов, выведенных человеком, по сравнению с исходными дикими формами. Левый столбик — продуктивность дикого штамма, правый — выведенного человеком.

1 — пенициллин; 2 — стрептомицин;
3 — хлортетрациклин; 4 — эритромицин;
5 — альбомицин; 6 — олеандомицин



шире применяются в разных отраслях народного хозяйства: в хлебопечении, пивоварении, виноделии, приготовлении многих молочных продуктов. В связи с этим развивается промышленная микробиология и ведётся интенсивная селекция новых штаммов микроорганизмов с повышенной продуктивностью веществ, необходимых человеку. Такие штаммы имеют большое значение для производства кормового белка, ферментных и витаминных препаратов, антибиотиков (рис. 56), используемых в пищевой промышленности, медицине, животноводстве. Например, микроорганизмы применяют для получения витаминов B_2 , B_{12} . Дрожжевые грибы, растущие на гидролизатах древесины или за счёт потребления парафинов, служат источником кормового белка. В дрожжах содержится до 60% белков. Применение этих высокобелковых концентратов позволяет дополнительно получать до 1 млн т мяса в год. Важное значение в народном хозяйстве имеет производство незаменимых аминокислот с помощью микроорганизмов. Недостаток в пище этих соединений резко тормозит рост. В традиционных для животных кормах незаменимых аминокислот мало, и для нормального питания скота приходится увеличивать рационы. Добавление же 1 т лизина — аминокислоты, полученной путём микробиологического синтеза, — позволяет сэкономить десятки тонн фуража.

Технологию получения необходимых человеку продуктов из живых клеток или с их помощью называют **биотехнологией** 444. Биотехнология развивается чрезвычайно быстро. За последние десятилетия возник ряд совершенно новых производств, основанных на использовании различных бактерий и грибов.

Микроорганизмы «работают» в металлургии. Обычная технология извлечения металлов из руд не позволяет широко исполь-

зовать бедные или сложные по составу руды: в результате их переработки образуются огромные скопления отходов, в атмосферу выбрасываются ядовитые газы. Биотехнология металлов основана на способности бактерий окислять минералы и переводить металлы в растворимые соединения. При окислении бактериями сульфидных минералов большинство цветных металлов и редких элементов переходит в раствор. Таким путём, например, во всём мире получают сотни тысяч тонн меди в год, причём стоимость её в 2—3 раза ниже, чем при добыче традиционным путём. С помощью бактерий из руды извлекают уран, золото и серебро, удаляют такую вредную примесь, как мышьяк.

Микроорганизмы способны при благоприятных условиях непрерывно синтезировать белки. Учёные разработали способы внедрения в бактериальную клетку определённых генов, в том числе генов человека. Эти гены вносят с помощью **бактериофагов** 447 или бактериальных **плазмид** 448 (небольших молекул ДНК, которые могут проникать в бактериальную клетку и размножаться в ней). Такие способы получили название **генной инженерии** 446. В результате бактериальная клетка синтезирует белок, кодируемый чужим для неё геном, в больших количествах. Так получают сейчас **интерфероны** 449 — белки, подавляющие размножение вирусов, и инсулин, регулирующий уровень глюкозы в крови.



Вопросы для повторения и задания

1. Какое значение для народного хозяйства имеет селекция микроорганизмов?
2. Приведите примеры промышленного получения и использования продуктов жизнедеятельности микроорганизмов.
3. Что такое биотехнология?
4. Подумайте и приведите пример, свидетельствующий о том, что биотехнологические производства используются человечеством многие сотни и даже тысячи лет.
5. Дайте определение понятия «генная инженерия».
6. Какое понятие более широкое — «биотехнология» или «генная инженерия»? Объясните свою точку зрения.
7. Обсудите в классе, какие перспективы открываются перед человечеством при использовании микроорганизмов в сельском хозяйстве.

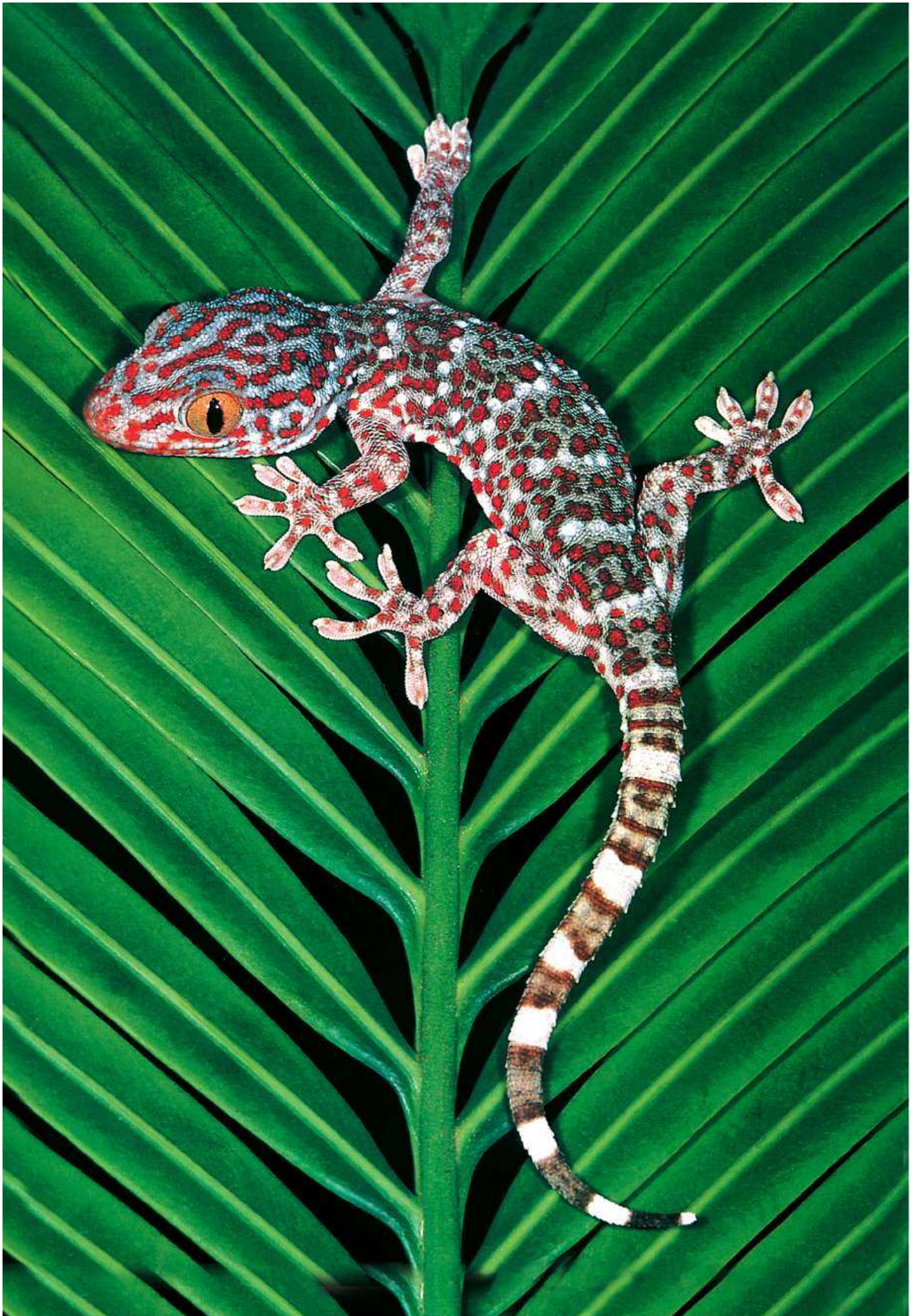
8. Под руководством учителя вместе с одноклассниками подготовьте выставку «Микроорганизмы на службе у человека».
9. Подготовьте сообщение «Вклад отечественных учёных (Н. И. Вавилов, Г. Д. Карпеченко, И. В. Мичурин и др.) в развитие селекции».



Работа с дополнительными источниками информации

- **Обратитесь к дополнительным печатным источникам информации** — энциклопедиям, монографиям, периодическим научным изданиям.
- **Обратитесь к электронному приложению**, материалы которого являются дополнительным источником информации, раскрывающим содержание ключевых понятий параграфа. Выполните задания Т92—Т94.
- **Подготовьтесь к следующему уроку.** Используя дополнительные источники информации (книги, статьи, ресурсы сети Интернет и др.), сделайте сообщение по ключевым словам и словосочетаниям следующего параграфа.







Раздел

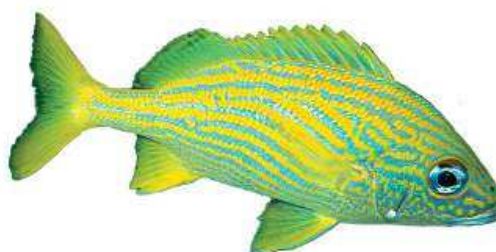


Эволюция живого мира на Земле

Живое представлено необычайным разнообразием форм, множеством видов живых организмов. Из курса «Многообразие живых организмов» вы помните, что в настоящее время уже известно около 350 тыс. видов растений и около 2 млн видов животных, населяющих нашу планету. И это не считая грибов и бактерий! Кроме того, учёные постоянно описывают новые виды — как существующие в наши дни, так и вымершие в минувшие

геологические эпохи. Выявление и объяснение общих свойств и причин многообразия живых организмов — задача общей биологии и цель настоящего учебника. Важное место среди рассматриваемых общей биологией проблем занимают вопросы происхождения жизни на Земле и законы её развития, а также взаимосвязь различных групп живых организмов между собой и взаимодействие их с окружающей средой.

Человек всегда стремился познать окружающий мир и определить то место, которое он в нём занимает. Как возникли современные животные и растения? Чем объяснить их поразительное разнообразие? Почему исчезли фауна и флора далёких от нас времён? По какому пути пойдёт развитие жизни на Земле в дальнейшем? Вот лишь несколько из того огромного количества вопросов, решение которых всегда волновало человечество.



10

Развитие биологии в додарвиновский период

Как возникли сложные организмы? Под действием каких сил сформировались их приспособительные признаки? Откуда такое разнообразие органического мира и как оно сохраняется? Какое место в природе занимает человек и кто его предки?

На эти вопросы отвечает *теория эволюции*. Под эволюцией живого мира понимают процесс исторического развития живой природы с момента возникновения жизни на Земле до современности.

Ещё в древности были собраны некоторые сведения о живой природе. Изучением животных занимался древнегреческий учёный Аристотель (IV в. до н. э.), описавший более 500 видов и расположивший их в определённом порядке: от просто устроенных ко всё более сложным. Учёный и его ученики изучали также строение растений. На протяжении Средневековья труды Аристотеля были основой представлений о живой природе. Интерес к биологии возрос в эпоху Великих географических открытий (XV в.). Интенсивная торговля и открытие новых земель расширяли сведения о животных и растениях. Из Индии и Америки в Европу завезли новые растения — корицу, картофель, кукурузу, табак. Ботаники и зоологи описывали множество новых, невиданных ранее растений и животных, указывая, какими полезными или вредными свойствами те обладают.

26. Становление систематики

Вспомните!

- Таксон • Система • Иерархия

Потребность в упорядочении быстро накапливающихся знаний привела к необходимости систематизировать их. В практических системах классификации растения и животных на Земле объеди-

няли в группы в зависимости от их пользы или вреда для человека. Например, выделяли лекарственные растения, садовые или огородные культуры, сорняки — чрезвычайно разнообразные растения, появившиеся в однородной культуре возделываемых человеком растений. Понятия «домашний скот» или «ядовитые животные» служили для обозначения самых разных по своему строению и происхождению животных. Вследствие удобства практическая классификация видов применяется до сих пор.

Однако учёных классификация живых организмов по признаку полезности удовлетворить не могла. Они искали такие свойства, которые позволили бы объединять растения и животных в группы по сходству в строении и жизнедеятельности. Первоначально за основу систематики брали один или небольшое число произвольно выбранных признаков. Понятно, что при этом в одну и ту же группу попадали совершенно неродственные организмы.

На протяжении XVI—XVIII вв. продолжалась работа по описанию животных и растений, по их систематизации. Большой вклад в создание системы природы внёс выдающийся шведский естествоиспытатель **Карл Линней** 50 (1707—1778). Этот учёный описал более 8000 видов растений, установил единообразную терминологию и порядок описания видов. Он объединил сходные виды в роды, сходные роды — в отряды, а отряды — в классы.

Таким образом, в основу своей классификации он положил *принцип иерархичности* (т. е. соподчинённости) **таксонов** 52 (от греч. *таксис* — расположение в порядке) — систематических единиц того или иного ранга. В **системе Линнея** 53 самым крупным таксоном был класс, самым мелким — вид (разновидность). Это был чрезвычайно важный шаг на пути к установлению естественной системы. Линней закрепил использование в науке **би-нарной** (т. е. двойной) **номенклатуры** 51 для обозначения видов. С тех пор каждый вид называется двумя словами: первое слово означает род и является общим для всех входящих в него видов, второе слово — собственно видовое название. С развитием науки в систему были введены некоторые дополнительные категории: семейство, подкласс и др., а высшими таксонами стали тип и царство. Но принцип построения системы остался неизменным. Например, систематическое положение домашней собаки можно описать следующим образом. Собака домашняя входит в род Волк семейства Волчьих отряда Хищные класса Млекопитающие подтипа Позвоночные типа Хордовые. Наряду с домашней собакой род Волк включает волков, шакалов, койотов, динго.

Линней создал самую совершенную для того времени систему органического мира, включив в неё всех известных тогда животных и все известные растения. Во многих случаях он правильно объединил виды растительных организмов по сходству строения и организации органов размножения. Однако произвольность в выборе признаков для классификации привела Линнея к ряду ошибок.

Линней признавал искусственность своей системы и указывал на необходимость разработки естественной системы природы. Он писал: «Искусственная система служит только до тех пор, пока не найдена естественная». Однако что означало для учёного XVIII в. понятие «естественная система»? Как теперь известно, естественная система отражает происхождение животных и растений и основана на их родстве и сходстве по совокупности существенных черт строения. Во времена господства религиозных представлений учёные полагали, что виды организмов созданы независимо друг от друга Творцом и остаются неизменными. «Видов столько, — говорил Линней, — сколько различных форм создал в начале мира Всемогуший». Поэтому поиски естественной системы природы означали для биологов попытки проникновения в план творения, которым руководствовался Бог, создавая всё живое на Земле. Совершенство строения видов, взаимное соответствие строения и функций внутренних органов, приспособленность к условиям существования объяснялись мудростью Творца. Правильное толкование происхождения органической целесообразности дал только великий английский учёный Ч. Дарвин.



Вопросы для повторения и задания

1. Что такое систематика?
2. По какому принципу построена классификация организмов К. Линнея?
3. Что такое естественная система природы?
4. Какие царства, типы, классы, семейства, роды и виды живых организмов вы знаете?
5. В каких иных областях знаний или социальных структурах можно встретить принцип иерархичности? Приведите пример.
6. Почему с развитием науки в систематике были введены новые дополнительные таксоны? Приведите примеры таких таксонов и входящих в них организмов.
7. Используя дополнительные источники информации, подготовьте сообщение или презентацию о жизни и творчестве Карла Линнея.



- **Обратитесь к дополнительным печатным источникам информации** — энциклопедиям, монографиям, периодическим научным изданиям.
- **Обратитесь к электронному приложению**, материалы которого являются дополнительным источником информации, раскрывающим содержание ключевых понятий параграфа. Выполните задания Т10—Т13.
- **Подготовьтесь к следующему уроку.** Используя дополнительные источники информации (книги, статьи, ресурсы сети Интернет и др.), сделайте сообщение по ключевым словам и словосочетаниям следующего параграфа.

27. Эволюционная теория Жана Батиста Ламарка

Вспомните!

- *Климатические условия местности* • *Факторы внешней среды* • *Геологическая история материков*

Постепенно накапливались факты, которые противоречили представлениям о неизменности живой природы. Создание микроскопа в XVII в. и его применение в биологических исследованиях сильно расширили кругозор учёных. Оформилась как наука эмбриология, возникла палеонтология.

Учёным, создавшим первую **эволюционную теорию** 61, был выдающийся французский естествоиспытатель **Ж. Б. Ламарк** 60, внёсший своими трудами большой вклад в биологию; сам термин «биология» принадлежит ему. **Теория эволюции Ламарка** 62, в отличие от многих предшествующих теорий, опиралась на факты. Мысль о непостоянстве видов возникла у него в результате глубокого изучения строения растений и животных. Занимаясь систематикой животных, Ламарк обратил внимание на сходство существенных черт строения у животных разных видов. На основе сходства Ламарк выделил 10 классов беспозвоночных вместо двух классов у Линнея (Насекомые и Черви). Такие группы, как Ракообразные, Паукообразные, Насекомые, сохранились в систематике до наших дней, другие группы — Моллюски, Кольчатые — возведены в ранг типа (рис. 57). Несовершенство систематики Ламарка объясняется уровнем науки того времени, но в ней есть главное — стремление избежать искусственности группировок. Можно сказать, что Ламарк заложил основы **естественной систематики** 63. Он же впервые поставил вопрос

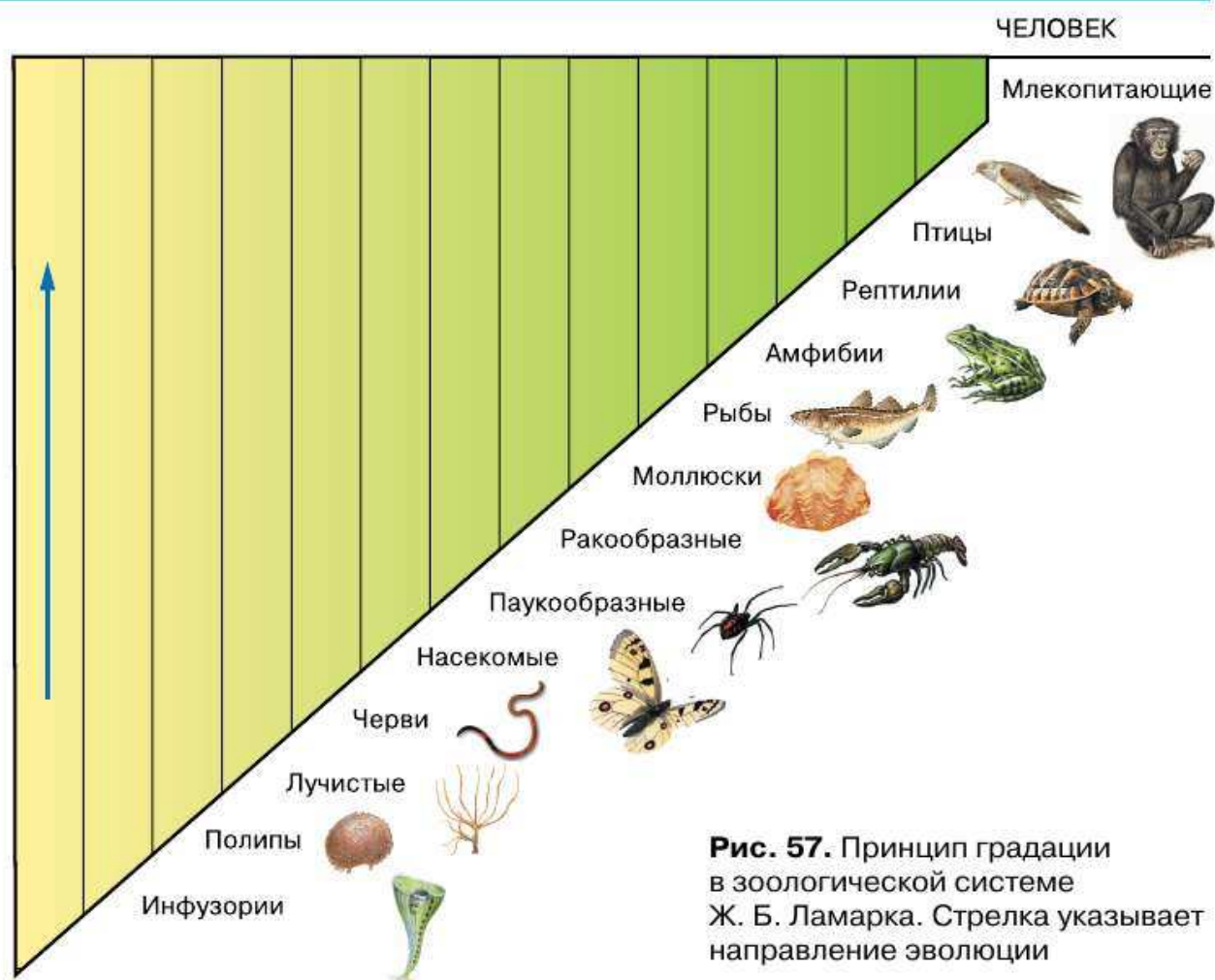


Рис. 57. Принцип градации в зоологической системе Ж. Б. Ламарка. Стрелка указывает направление эволюции

о причинах сходства и различий у животных: «Мог ли я рассматривать... ряд животных от самых совершенных из них до несовершеннейших, — писал Ламарк, — и не попытаться установить, от чего может зависеть этот столь замечательный факт?» Ламарк приходит к *эволюционной идее*. Величайшая заслуга этого учёного заключается в том, что эволюционная идея у него тщательно разработана, подкреплена множеством фактов и поэтому стала *теорией*. В основу её положены представления о постепенном развитии от простого к сложному и о роли *внешней среды* в преобразовании организмов.

В своём основном труде **«Философия зоологии»** 64, опубликованном в 1809 г., Ламарк приводит многочисленные доказательства изменяемости видов. К числу таких доказательств Ламарк относит изменения животных под влиянием одомашнивания и растений под влиянием окультуривания, при переселении организмов в другие места обитания с иными условиями существования. Важную роль в возникновении новых видов Ламарк отводит постепенным изменениям гидрогеологического режима и

климатических условий на поверхности Земли. Таким образом, в анализ биологических явлений Ламарк включает два новых фактора: фактор времени и условия внешней среды. Это был большой шаг вперёд по сравнению с механистическими представлениями сторонников неизменности видов. Однако каковы же механизмы изменчивости организмов и образования новых видов? Ламарк считал, что их два: во-первых, стремление организмов к совершенствованию, а во-вторых, прямое влияние внешней среды и наследование признаков, приобретённых в течение жизни организма.

Взгляды Ламарка на механизм эволюции оказались ошибочными. Пути приспособления живых организмов к окружающей среде и видообразования спустя 50 лет открыл Ч. Дарвин. Заслуга Ламарка заключается в том, что он создал первую теорию эволюции органического мира, ввёл принцип историзма как условие понимания биологических явлений и выдвинул в качестве главной причины изменяемости видов условия внешней среды.

Теория Ламарка не получила признания современников. Наука не была ещё готова к принятию идеи эволюционных преобразований; сроки, о которых говорил Ламарк, — миллионы лет — казались невообразимыми. Доказательства причин изменяемости видов не были достаточно убедительными. Отводя решающую роль в эволюции прямому влиянию внешней среды, упражнению и неупражнению органов и наследованию приобретённых признаков, Ламарк не мог объяснить возникновения приспособлений, обусловленных «мёртвыми» структурами. Например, окраска скорлупы птичьих яиц носит явно приспособительный характер, но объяснить этот факт с позиций теории Ламарка невозможно.

Спорам приверженцев неизменности видов и стихийных эволюционистов положила конец глубоко продуманная и фундаментально обоснованная *теория видообразования*, созданная Ч. Дарвином.



Вопросы для повторения и задания

1. Чем можно объяснить господство представлений о неизменности видов в XVIII в.?
2. Какой вклад в биологию внёс Ж. Б. Ламарк? Изложите основные положения эволюционной теории Ламарка.
3. Охарактеризуйте верные и ошибочные положения теории эволюции Ж. Б. Ламарка.
4. Опираясь на знания генетических закономерностей, объясните, могут ли наследоваться признаки, приобретённые в течение жизни организма.

5. Обсудите в классе, почему теория эволюции Ж. Б. Ламарка не получила признания современников.



Работа с дополнительными источниками информации

- **Обратитесь к дополнительным печатным источникам информации** — энциклопедиям, монографиям, периодическим научным изданиям.
- **Обратитесь к электронному приложению**, материалы которого являются дополнительным источником информации, раскрывающим содержание ключевых понятий параграфа. Выполните задания Т14—Т16.
- **Подготовьтесь к следующему уроку.** Используя дополнительные источники информации (книги, статьи, ресурсы сети Интернет и др.), сделайте сообщение по ключевым словам и словосочетаниям следующего параграфа.

Глава

11

Теория Чарлза Дарвина о происхождении видов путём естественного отбора

Основной труд Ч. Дарвина — **«Происхождение видов»** 117, в корне изменивший представление о живой природе, появился в 1859 г. Этому событию предшествовала более чем двадцатилетняя работа по изучению и осмысливанию богатого фактического материала, собранного как самим Дарвином, так и другими учёными.

28. Научные и социально-экономические предпосылки возникновения теории Чарлза Дарвина

Вспомните!

• Эмбриология • Палеонтология • Клеточная теория

Чтобы полнее оценить всё значение переворота в биологической науке, совершённого Ч. Дарвином, обратим внимание на состояние науки первой половины XIX в., когда создавалась его теория естественного отбора.

Геолог **Ч. Лайель** 80 в своих работах показал, что поверхность Земли изменяется непрерывно и не под влиянием каких-либо особых сил, а под действием повседневных факторов — колебаний температуры, ветра, дождя, приливов и отливов, прибое и жизнедеятельности растений и животных. К числу постоянно действующих природных факторов Лайель отнёс землетрясения, извержения вулканов.

Сходные мысли задолго до Лайеля высказывали **М. В. Ломоносов** 57 в своём труде «О слоях земных» и Ламарк. Но Лайель подкрепил свои взгляды многочисленными и строгими доказательствами. Теория Лайеля оказала большое влияние на формирование мировоззрения Ч. Дарвина.

В биологии был сделан ряд крупных открытий, которые оказались несовместимыми с представлениями о неизменяемости природы, об отсутствии родства между видами. **Клеточная теория** 81 **Т. Шванна** 82 показала, что в основе строения всех живых организмов лежит один и тот же структурный элемент — клетка. Исследования развития зародышей позвоночных животных позволили обнаружить у эмбрионов птиц и млекопитающих жаберные дуги и жаберное кровообращение, что наталкивало на мысль о родстве рыб, птиц и млекопитающих и о происхождении наземных позвоночных от предков, ведущих водный образ жизни. Русский учёный **К. Бэр** 83 показал, что развитие всех организмов начинается с оплодотворённой яйцеклетки — зиготы и что на ранних стадиях развития обнаруживается поразительное **сходство в строении зародышей** 84 животных, относящихся к разным классам.

В самых разных областях естествознания (геология, палеонтология, биогеография, эмбриология, сравнительная анатомия, учение о клеточном строении организмов) собранные учёными материалы противоречили представлениям о божественном происхождении и неизменяемости природы. Правильно объяснить все эти факты, обобщить их, создать теорию эволюции сумел Ч. Дарвин.

Чарлз Роберт Дарвин родился 12 февраля 1809 г. в семье врача. В университете он учился сначала на медицинском, потом на богословском факультете и собирался стать священником. В то же время он проявлял большую склонность к естественным наукам, увлекался геологией, ботаникой и зоологией. После окончания университета Дарвину предложили (1831) место натуралиста на корабле «Бигль», отправляющемся в кругосветное путеше-

вие для картографических съёмок. Дарвин принял приглашение, и пять лет, проведённые им в экспедиции (1831—1836), стали поворотным пунктом в его собственной научной судьбе и в истории биологии.

Наблюдения, сделанные во время путешествия, заставили Дарвина задуматься над причинами сходства и различий между видами. Главная его находка, обнаруженная в геологических отложениях Южной Америки, — это **скелеты вымерших гигантских млекопитающих** 85, очень сходных с современными броненосцами и ленивцами.

Ещё большее впечатление произвело на Дарвина изучение видового состава животных на Галапагосских островах. На каждом из этих вулканических островов сравнительно недавнего происхождения Дарвин обнаружил близкие **виды вьюрков** 86, различающиеся между собой характером питания и формой клюва. Оказалось, что одни питаются твёрдыми семенами, другие — насекомыми, третьи — нектаром цветков растений. Казалось маловероятным, чтобы для каждого вновь возникающего вулканического острова Творец создавал свои особые виды животных. Разумней было бы сделать другой вывод: птицы попали на остров с материка и изменились вследствие приспособления к новым условиям обитания. Таким образом, Дарвин ставит вопрос о роли условий среды в видообразовании. Аналогичную картину Дарвин наблюдал и у берегов Африки. Животные, обитающие на островах Зелёного Мыса, имели некоторое сходство с материковыми видами, хотя и отличались от них существенными чертами. Помимо этого, с позиции сотворения видов Дарвин не мог объяснить особенности развития описанного им грызуна туко-туко. Этот грызун, живущий в норах под землёй, рождает зрячих детёнышей, которые затем слепнут.

В Австралии Дарвина заинтересовала **древняя фауна** 87: сумчатые и яйцекладущие животные, которые вымерли в других местах земного шара. Австралия как материк обособилась раньше, чем возникли высшие млекопитающие, поэтому древние примитивные животные оказались в Австралии в изоляции. Развитие древних сумчатых и яйцекладущих шло независимо от млекопитающих, обитавших на других материках.

Перечисленные и многие другие факты поколебали веру Дарвина в сотворение видов. Вернувшись в Англию, он поставил перед собой задачу разрешить вопрос о происхождении видов.





Вопросы для повторения и задания

1. Какие данные геологии послужили предпосылкой эволюционной теории Ч. Дарвина?
2. Какие открытия в области биологии, совершённые в первой половине XIX в., способствовали формированию эволюционных взглядов Ч. Дарвина?
3. Какие наблюдения Ч. Дарвина поколебали его веру в неизменность видов?
4. Обсудите в классе, почему основы современной теории эволюции биологических видов не могли быть заложены ранее середины XIX в.
5. Используя дополнительные источники информации, обозначьте на карте маршрут кругосветного путешествия Ч. Дарвина.
6. Проанализируйте текст параграфа. Составьте и заполните таблицу «Социально-экономические и естественно-научные предпосылки возникновения теории Ч. Дарвина».



Работа с дополнительными источниками информации

- **Обратитесь к дополнительным печатным источникам информации** — энциклопедиям, монографиям, периодическим научным изданиям.
- **Обратитесь к электронному приложению**, материалы которого являются дополнительным источником информации, раскрывающим содержание ключевых понятий параграфа. Выполните задания Т17, Т18.
- **Подготовьтесь к следующему уроку.** Используя дополнительные источники информации (книги, статьи, ресурсы сети Интернет и др.), сделайте сообщение по ключевым словам и словосочетаниям следующего параграфа.

29. Учение Чарлза Дарвина об искусственном отборе

Вспомните!

- *Селекция* • *Породы животных* • *Сорта растений*
- *Изменчивость признаков* • *Мутации*

Дарвин вернулся в Англию из кругосветного путешествия убеждённым сторонником изменяемости видов под влиянием условий обитания. Данные геологии, палеонтологии, эмбриологии и других наук также указывали на изменяемость органического мира.

Однако большинство учёных не признавали эволюции: никто не наблюдал превращения одних видов в другие. Поэтому Дарвин сосредоточил свои усилия на раскрытии механизма эволюционного процесса. С этой целью он обратился к практике сельского хозяйства Англии. Английские фермеры и любители вывели к этому времени 150 **пород голубей** 88, много **пород собак** 89, **крупного рогатого скота** 90, **кур** 91 и т. д. Интенсивно велась работа по селекции новых сортов культурных растений. Сторонники постоянства видов утверждали, что каждый **сорт** 92, каждая **порода** 93 имеют особого дикого предка. Дарвин доказал, что это не так. Все породы кур происходят от **дикой банкивской курицы** 94, домашние утки — от **дикой кряковой утки** 95, предками крупного рогатого скота были два вида **диких туров** 96. При этом породы животных и сорта растений, происходящие от одного предка, могут очень резко различаться. Рассмотрите рисунок 58. На нём показаны некоторые породы домашней канарейки. У них разные пропорции тела, размеры, оперение и т. д., хотя все они происходят от одного предка.

Чрезвычайно разнообразны гребни петухов разных пород (рис. 59). Аналогичная картина наблюдается среди сортов культурных растений. Очень различаются между собой, например, сорта капусты. Из одного дикого вида человеком получены ко-



Рис. 58. Изменчивость признаков пород домашней канарейки. Посередине слева — дикая исходная форма, ввезённая в Европу в XVI в.

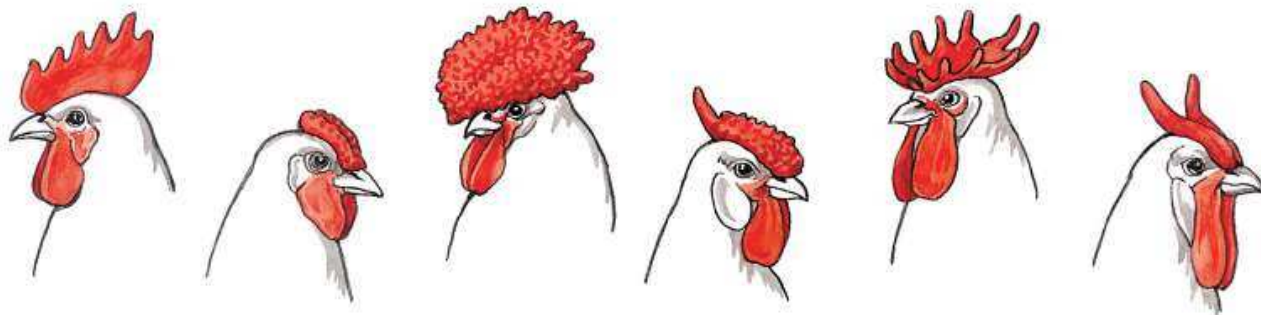


Рис. 59. Гребни петухов разных пород

чанная капуста, цветная капуста, кольраби, кормовая капуста, стебель которой превышает рост человека, и др.

Культурные растения и домашние животные служат для удовлетворения потребностей человека — материальных или эстетических. Одно это убедительно доказывает, что они созданы человеком. Каким же образом человек получил эти сорта растений и породы животных, на какие свойства живых организмов опирался он в своей работе? Ответ на этот вопрос Дарвин нашёл, изучая методы английских фермеров. В их основе лежал один принцип: разводя животных или растения, они оставляли для размножения только те организмы, у которых нужный признак был выражен наиболее сильно.

Например, поставлена задача повысить урожайность пшеницы. Селекционер из огромной массы растений выбирает несколько лучших экземпляров с наибольшим числом колосков. В следующем году он высевает зёрна только этих растений и среди них снова отыскивает экземпляры с наибольшим числом колосков. Так продолжается несколько лет, и в результате появляется новый сорт многоколосковой пшеницы.

В основе работы по выведению нового сорта растений (или породы животных) лежит *изменчивость* признаков у организмов и отбор человеком таких изменений, которые наиболее уклоняются в желательную для него сторону. В ряду поколений такие изменения накапливаются и становятся устойчивым признаком породы. Для отбора важное значение имеет **индивидуальная** (мутационная) **изменчивость** 98. Вам уже известно, что **мутация** 99 — это внезапное изменение наследственных свойств организма, приводящее к изменению тех или иных его признаков. Это явление достаточно редкое, поэтому искусственный отбор может быть успешным лишь в том случае, если его проводят среди большого числа особей. Известны случаи, когда к возник-



Рис. 60. Анконская, или коротконогая, овца — порода, возникшая в результате мутаций

новению новой породы приводила единичная крупная мутация. Так появились анконская **порода коротконогих овец** 100 (рис. 60), такса, утка с крючковатым клювом, **вислоухие кролики** 101. Особи с резко изменёнными признаками были сохранены и использованы человеком для создания новой породы.

Следовательно, под искусственным отбором понимается процесс создания новых пород животных и сортов культурных растений путём систематического отбора и размножения особей с определёнными, ценными для человека признаками и свойствами.

Таким образом, изучение методов селекции, применявшихся в сельском хозяйстве Англии в XIX в., позволило Дарвину сформулировать принцип искусственного отбора и с помощью этого принципа объяснить не только причину совершенствования форм, но и их многообразие.



Вопросы для повторения и задания

1. Что такое искусственный отбор?
2. Какие вам известны основные методы селекции?
3. Приведите примеры многообразия пород домашних животных и сортов культурных растений. Чем объясняется это многообразие?
4. Какие породы животных и сорта растений характерны для сельского хозяйства вашей местности?
5. Чем отличаются одомашненные животные и растения от диких видов?
6. Почему искусственный отбор — выведение новых пород домашних животных и сортов культурных растений — может быть успешным только в условиях крупнотоварного сельскохозяйственного производства?



- **Обратитесь к дополнительным печатным источникам информации** — энциклопедиям, монографиям, периодическим научным изданиям.
- **Обратитесь к электронному приложению**, материалы которого являются дополнительным источником информации, раскрывающим содержание ключевых понятий параграфа. Выполните задания Т19, Т20.
- **Подготовьтесь к следующему уроку.** Используя дополнительные источники информации (книги, статьи, ресурсы сети Интернет и др.), сделайте сообщение по ключевым словам и словосочетаниям следующего параграфа.

30. Учение Чарлза Дарвина о естественном отборе

Вспомните!

- *Размножение половое* • *Размножение бесполое*
- *Партеногенез* • *Хищничество* • *Паразитизм*

Искусственный отбор, т. е. сохранение для размножения особей с полезными признаками и устранение всех остальных, проводит человек, ставящий перед собой определённые задачи. Признаки, накапливаемые при искусственном отборе, полезны для человека, но не всегда для самих животных и растений. Дарвин высказал предположение, что в природе сходным путём накапливаются признаки, полезные только для организмов и вида в целом, в результате чего образуются виды и разновидности. В этом случае требовалось установить наличие индивидуальной изменчивости у диких животных и растений. Кроме того, необходимо было доказать существование в природе какого-то направляющего фактора, действующего аналогично воле человека в процессе искусственного отбора.

Индивидуальная изменчивость. Дарвин показал, что у представителей диких видов животных и растений **индивидуальная изменчивость** 104 наблюдается очень широко. Индивидуальные отклонения могут быть полезными, нейтральными или вредными для организма. Все ли особи оставляют потомство? Если нет, то какие факторы сохраняют особей с полезными признака-

ми и устраняют всех остальных? Дарвин обратился к анализу размножения организмов.

Избыточная численность потомства. Все организмы оставляют потомство, иногда очень многочисленное. Севрюга откладывает до 400 тыс. икринок, судак — 300—900 тыс., жабы — около 10 тыс. Даже медленно размножающиеся животные могут оставить огромное число потомков. Буревестник откладывает одно яйцо, но это одна из самых многочисленных птиц на Земле. Рождающие, как правило, одного детёныша парнокопытные (северные олени, антилопы) образуют громадные стада. На основе многих примеров Дарвин приходит к выводу о том, что в природе любой вид животных и растений стремится к **размножению в геометрической прогрессии** 102. В то же время число взрослых особей каждого вида остаётся относительно постоянным.

Борьба за существование. Каждая пара организмов даёт гораздо больше потомков, чем их доживает до взрослого состояния. Большая часть появившихся на свет организмов гибнет, не достигнув половой зрелости. Причины гибели разнообразны: недостаток корма или территории (**ограниченность ресурсов** 103) из-за конкуренции с представителями своего же вида, нападение врагов, действие неблагоприятных физических факторов среды — засухи, сильных морозов и пр. Отсюда следует второй вывод, сделанный Дарвином: в природе происходит непрерывная **борьба за существование** 105. Этот термин следует понимать в широком смысле как любую зависимость организмов от всего комплекса условий окружающей его живой и неживой природы. Иначе говоря, *борьба за существование — это совокупность многообразных и сложных взаимоотношений, существующих между организмами и условиями среды*. Когда лев отнимает добычу у гиен, подразумевается борьба за пищу. Про растение на окраине пустыни можно сказать, что оно ведёт борьбу против засухи, но точно так же предполагается, что оно зависит от влажности.

Дарвин выделил три основные формы борьбы за существование: а) межвидовую; б) внутривидовую; в) борьбу с неблагоприятными условиями внешней среды.

Межвидовая борьба 106. Примеры межвидовой борьбы многочисленны. И волки, и лисы охотятся на зайцев. Между волками и зайцами, а также между лисами и зайцами идёт напряжённая борьба за существование. Отсутствие добычи обрекает хищников на голод и гибель. В то же время между хищниками — волками и лисами — тоже существует **конкуренция** 107 за пищу. Это не значит, что они непосредственно вступают в борьбу

друг с другом, но успех одного означает неуспех другого. Травоядные животные смогут выжить и оставить потомство только в том случае, если они сумеют избежать хищников и будут обеспечены пищей. Но растительностью питаются разные виды млекопитающих, а кроме того, насекомые и моллюски: что досталось одному, не достанется другому. Существование трав, в свою очередь, зависит не только от поедания их животными, но и от других условий — опыления цветков насекомыми, конкуренции с другими растениями за свет, влагу и т. д. Беспрепятственное размножение микроорганизмов сдерживают, помимо прочих факторов, **антибиотики** 108, выделяемые грибами, и **фитонциды** 109, образуемые зелёными растениями. Формой межвидовой борьбы является **паразитизм** 110: паразиты ослабляют организм хозяина, делают его менее конкурентоспособным.

Внутривидовая борьба 111. В приведённых примерах напряжённость борьбы между видами ослабляется тем, что, как правило, организмы имеют не один, а несколько источников питания. Например, лиса питается не только зайцами, но и мышами и птицами. У особей же одного вида потребности в пище, территории и других условиях существования одинаковы. Поэтому конкуренция между ними особенно остра (рис. 61). Дарвин считал внутривидовую борьбу самой напряжённой. Например, пти-



Рис. 61. Самцы ягуара устрашают друг друга, охраняя свою территорию

цы одного вида конкурируют из-за мест гнездования. Самцы многих видов млекопитающих и птиц в период размножения вступают друг с другом в борьбу за возможность обзавестись семьёй.

Борьба с неблагоприятными условиями внешней среды ● 112 .

Факторы неживой природы оказывают огромное влияние на выживаемость организмов. Много растений гибнет во время холодных малоснежных зим. В сильные морозы смертность увеличивается и среди животных, обитающих в почве (кроты, дождевые черви). Зимой при недостатке растворённого в воде кислорода погибает рыба. Семена растений нередко заносятся ветром в неблагоприятные места обитания и не прорастают.

Все формы борьбы за существование сопровождаются гибелью огромного количества организмов или приводят к тому, что часть их не оставляет потомства.

Естественный отбор. Кто же выживает в этой постоянно происходящей борьбе за существование? Наблюдения показывают, что для растительных и животных организмов характерна всеобщая изменчивость признаков, свойств и бесконечное разнообразие их комбинаций. Даже в потомстве одной пары родителей нет совершенно одинаковых особей (за исключением монозиготных, или однояйцевых, близнецов, развившихся из одного оплодотворённого яйца — зиготы). В борьбе за существование выживают и оставляют потомство индивидуумы, обладающие таким наследственным комплексом признаков и свойств, который позволяет наиболее успешно конкурировать с другими. Таким образом, в природе происходят процессы избирательного уничтожения одних особей и преимущественного размножения других — явление, названное Дарвином **естественным отбором** ● 113 (или *выживанием наиболее приспособленных*).

При изменении условий внешней среды полезными для выживания могут оказаться какие-то другие, новые признаки. В результате меняется направление отбора, перестраивается генетическая структура вида. Благодаря размножению новые признаки широко распространяются, и в итоге появляется новый вид.

Следовательно, виды изменяются в процессе приспособления к условиям внешней среды. *Движущей силой изменения видов, т. е. эволюции, является естественный отбор.* Материалом для отбора служит наследственная (индивидуальная, мутационная) изменчивость. Изменчивость, обусловленная прямым влиянием внешней среды на организмы, не имеет значения для эволюции, поскольку по наследству не передаётся.



Действие естественного отбора можно наблюдать на опыте. Разберём несколько **примеров естественного отбора** 114 .

В нашей стране широко распространён **богомол обыкновенный** 115 — крупное хищное насекомое (длина тела у самок достигает 48—76 мм), питающееся разнообразными мелкими насекомыми — тлями, клопами, мухами. Окраска разных особей этого вида бывает зелёной, жёлтой и бурой. Богомолы зелёного цвета обычно встречаются среди травы и кустарников, бурые — на растениях, выгорающих от солнца. Неслучайность такого распределения животных учёные доказали в эксперименте на очищенной от травы площадке блёкло-бурого цвета. К колышкам на площадке были привязаны богомолы всех трёх цветов. За время опыта птицами были уничтожены 60% жёлтых, 55% зелёных и только 20% бурых богомол, у которых окраска тела совпадала с цветом фона.

Аналогичные опыты были поставлены с куколками бабочки-крапивницы. В случае несоответствия окраски куколки окраске фона птицы уничтожали гораздо больше куколок, чем в случае совпадения фона с окраской. Водоплавающие птицы в бассейне ловят преимущественно рыбу, окраска которой не соответствует цвету дна.

Важно отметить, что для выживания имеет значение не один какой-либо признак, а комплекс признаков. В том же опыте с богомолами, очень простом по сравнению с реальными природными условиями, среди бурых особей, защищённых окраской тела, птицы склёвывали беспокойных, активнодвигающихся насекомых. Спокойные, малоподвижные богомолы избегали нападения. Один и тот же признак в зависимости от окружающих условий может способствовать выживанию или, напротив, привлекать внимание врагов.

Следовательно, согласно учению Дарвина, факторами естественного отбора служат условия внешней среды, точнее — весь комплекс абиотических (небиологических) и биотических условий среды. В зависимости от этих условий естественный отбор действует в разных направлениях и приводит к неодинаковым эволюционным результатам. В настоящее время различают несколько форм естественного отбора, которые в дальнейшем мы рассмотрим более подробно.

С общетеоретической точки зрения главное в учении Дарвина — это идея развития живой природы, противостоящая представлению о застывшем, неизменяющемся мире. Признание уче-

ния Дарвина стало переломным моментом в истории биологических наук. Факты, накопленные в додарвиновский период развития биологии, получили новое освещение. Возникли новые направления в биологии — эволюционная эмбриология, эволюционная палеонтология и др.

Учение Дарвина служит естественно-научной основой для материалистического объяснения целесообразности строения живых организмов, происхождения и многообразия видов.

Ряд понятий эволюционной теории выходит за рамки чисто биологических и приобретает общенаучный и философский статус. Такие критерии прогрессивной эволюции живого, как дифференциация и интеграция частей организма, избыточность и надёжность, используются при изучении закономерностей технического и общественного прогресса. Таким образом, эволюционная теория близко связана с философией, изучающей общие законы развития.

Труд Дарвина явился одним из крупнейших достижений естествознания XIX в. В XX в. эволюционное учение Дарвина было развито и дополнено благодаря созданию хромосомной теории наследственности, развитию молекулярной биологии и генетики, эмбриологии, экологии и других областей биологии.



Вопросы для повторения и задания

1. Что такое естественный отбор?
2. В чём биологическое значение естественного отбора?
3. Что такое борьба за существование? Каковы её формы?
4. Какая форма борьбы за существование является наиболее напряжённой и почему?
5. Что служит движущей силой изменения видов?
6. Что служит материалом для естественного отбора?
7. Действует ли в настоящее время естественный отбор в человеческом обществе? Приведите примеры, доказывающие вашу точку зрения.
8. Сравните искусственный и естественный отбор. В чём их сходство и различия?



Работа с дополнительными источниками информации

- **Обратитесь к дополнительным печатным источникам информации** — энциклопедиям, монографиям, периодическим научным изданиям.



- **Обратитесь к электронному приложению**, материалы которого являются дополнительным источником информации, раскрывающим содержание ключевых понятий параграфа. Выполните задания Т21—Т23.
- **Подготовьтесь к следующему уроку.** Используя дополнительные источники информации (книги, статьи, ресурсы сети Интернет и др.), сделайте сообщение по ключевым словам и словосочетаниям следующего параграфа.

12

Современные представления об эволюции.

Микроэволюция и макроэволюция

Приобретение популяциями и видами разнообразных приспособлений способствует не только выживанию их в какой-то определённой среде. Новые признаки и свойства могут стать причиной освоения популяцией новых мест обитания, новых источников питания и т. д. В этом случае конкуренция с родственными организмами резко ослаблена или отсутствует. Это приводит к вспышке размножения и широкому расселению вида, что, в свою очередь, способствует формированию многочисленных популяций, которые оказываются в различных условиях и подвергаются неодинаково направленному действию отбора.

Появление новых видов живых организмов, т. е. процесс видообразования, учёные-биологи называют *микроэволюцией*.

Эволюция крупных систематических групп (надвидового ранга) носит название *макроэволюции*. В результате макроэволюции возникают новые типы, классы, отряды.

31. Вид, его критерии и структура

Вспомните!

- Уровни организации живой материи • Дискретность
- Репродукция • Гибрид

В основе учения о микроэволюции лежит представление о виде. Что же такое **вид** 450 и насколько реально его существование в природе?

Видом называют совокупность особей, сходных по строению, имеющих общее происхождение, свободно скрещивающихся между собой и дающих плодовитое потомство. Все особи одного вида имеют одинаковый хромосомный набор — кариотип, сходное поведение и занимают определённую область распространения.

Одна из важных характеристик вида — его **репродуктивная изоляция** 452, т. е. существование механизмов, препятствующих скрещиванию разных видов. Это достигается разными путями.

У близких видов могут не совпадать сроки или предпочитаемые места размножения. Например, самки одного вида лягушек мечут икру по берегам рек, другого вида — в лужах. При этом случайное осеменение икры самцами другого вида исключается. У многих видов животных существует строгий ритуал поведения при спаривании. Если у одного из партнёров поведение отклоняется от видового, спаривания не происходит. Если всё же спаривание произойдёт, сперматозоиды чужого вида не смогут проникнуть в яйцеклетку. Изоляции способствуют также предпочтения в пище: особи кормятся в разных **биотопах**¹ 453, и вероятность скрещивания между ними уменьшается.

Иногда при **межвидовом скрещивании** 454 оплодотворение всё же происходит. В этом случае образовавшиеся гибриды либо отличаются пониженной жизнеспособностью, либо оказываются бесплодными и не дают потомства. Известный пример — **мул** 455, гибрид лошади и осла. Будучи вполне жизнеспособным, мул бесплоден из-за нарушений процесса образования половых клеток.

Перечисленные механизмы, предотвращающие обмен генами между видами, имеют неодинаковую эффективность, но в комплексе в природных условиях они создают непроницаемую генетическую изоляцию между видами. Следовательно, вид — реально существующая единица органического мира.

Каждый вид занимает более или менее обширный **ареал** 451 (от лат. *area* — область, пространство). Иногда он сравнительно невелик: для видов, обитающих в Байкале, он ограничивается этим озером. В других случаях ареал вида охватывает огромные территории. Так, чёрная ворона распространена в Западной Европе почти повсеместно.

Существование определённых границ распространения вида не означает, что все особи свободно перемещаются внутри ареа-

¹ Биотоп (от греч. *биос* — жизнь и *тоπος* — место) — природное пространство, занимаемое сообществом.

ла. Подвижность особей выражается расстоянием, на которое может перемещаться животное, т. е. радиусом его индивидуальной активности. У растений этот радиус определяется расстоянием, на которое распространяются пыльца, семена или вегетативные части, способные дать начало новому растению. Для виноградной улитки радиус активности составляет несколько десятков метров, для ондатры — несколько сотен метров, для северного оленя — более ста километров. Вследствие ограниченности радиусов активности лесные полёвки, обитающие в одном лесу, имеют немного шансов встретиться в период размножения с лесными полёвками, населяющими соседний лес. Травяные лягушки, мечущие икру в одном озере, изолированы от лягушек другого озера, расположенного в нескольких километрах от первого. (В обоих случаях изоляция неполная, поскольку отдельные полёвки и лягушки могут мигрировать из одного места обитания в другое.)

Особи любого вида распределены внутри видового ареала неравномерно. Территории с относительно высокой плотностью населения чередуются с участками, где численность вида низкая или особи вида совсем отсутствуют. Поэтому вид представляет собой совокупность отдельных групп организмов — **популяций** 456.

Популяция — это совокупность особей данного вида, занимающих определённый участок территории внутри ареала вида, свободно скрещивающихся между собой и частично или полностью изолированных от других популяций. Реально вид существует в виде популяций. Популяция — элементарная эволюционная единица.



Вопросы для повторения и задания

1. Что такое вид?
2. Какие биологические механизмы препятствуют скрещиванию особей разных видов?
3. В чём причина бесплодия межвидовых гибридов?
4. Дайте определение понятия «ареал вида».
5. Что такое радиус индивидуальной активности организмов?
6. Что такое популяция? Как вы считаете, может ли ареал популяции совпадать с ареалом вида? Докажите своё мнение.
7. Чем определяются границы ареала обитания видов?



- **Обратитесь к дополнительным печатным источникам информации** — энциклопедиям, монографиям, периодическим научным изданиям.
- **Обратитесь к электронному приложению**, материалы которого являются дополнительным источником информации, раскрывающим содержание ключевых понятий параграфа. Выполните задания Т95, Т96.
- **Подготовьтесь к следующему уроку.** Используя дополнительные источники информации (книги, статьи, ресурсы сети Интернет и др.), сделайте сообщение по ключевым словам и словосочетаниям следующего параграфа.

32. Элементарные эволюционные факторы

Вспомните!

• ДНК • Хромосома • Мутации • Гамета

Благодаря изучению генетических процессов в популяциях живых организмов эволюционная теория получила дальнейшее развитие. В любой популяции существуют факторы, ограничивающие свободу скрещивания, возникают мутации, существует миграция особей и всегда действует естественный отбор. Поэтому генофонд популяции подвержен изменениям.

Рассмотрим основные причины, приводящие к изменению генофонда популяции.

Мутационный процесс 465. Источником наследственной изменчивости являются **мутации** 466. В ходе полового размножения мутации могут широко распространяться в популяциях. Большинство организмов *гетерозиготны* по многим генам, т. е. в их клетках парные хромосомы несут разные аллели одного и того же гена. Дело в том, что в подавляющем большинстве случаев гетерозиготные организмы лучше приспособлены к среде, чем *гомозиготные*, т. е. несущие в парных хромосомах одинаковые аллели того или иного гена.

Например, гусеницы бабочки берёзовая пяденица, гомозиготные по доминантному аллелю, определяющему тёмную окраску их крыльев, плохо усваивают листья берёз, покрытые гарью и копотью, а гетерозиготные гусеницы растут на этом корме гораздо лучше. Следовательно, большая биохимическая гибкость

гетерозиготных организмов приводит к их лучшему выживанию, и отбор действует в пользу гетерозигот.

Для понимания эволюционных преобразований важно помнить, что мутации, вредные в одних условиях, могут повышать жизнеспособность в других условиях среды. Мутация, обуславливающая недоразвитие или полное отсутствие крыльев у насекомых, безусловно, вредна в обычных условиях, и бескрылые особи быстро вытесняются нормальными. Но на океанических островах и горных перевалах, где дуют сильные ветры, такие насекомые имеют преимущество перед особями с нормально развитыми крыльями.

Мутационный процесс — источник резерва наследственной изменчивости популяций. Поддерживая высокую степень генетического разнообразия популяций, он создаёт основу для действия естественного отбора.

Дрейф генов 468. В разных популяциях одного вида частота мутантных генов неодинакова. Практически нет двух популяций с совершенно одинаковой частотой встречаемости мутантных признаков. Эти различия могут быть обусловлены тем, что популяции обитают в неодинаковых условиях внешней среды. Направленное изменение частоты генов в популяциях обусловлено действием естественного отбора. Но и близко расположенные, соседние популяции могут отличаться друг от друга столь же значительно, как и далеко расположенные. Это объясняется тем, что в популяциях ряд процессов приводит к так называемому *дрейфу генов* — *ненаправленному, случайному* изменению частоты генов, или, другими словами, их генетической структуры.

Например, при миграции животных или растений на новом месте обитания поселяется незначительная часть исходной популяции. *Генофонд* вновь образованной популяции, т. е. совокупность всех её генов, неизбежно меньше генофонда родительской популяции, и частота генов в ней будет значительно отличаться от исходной.

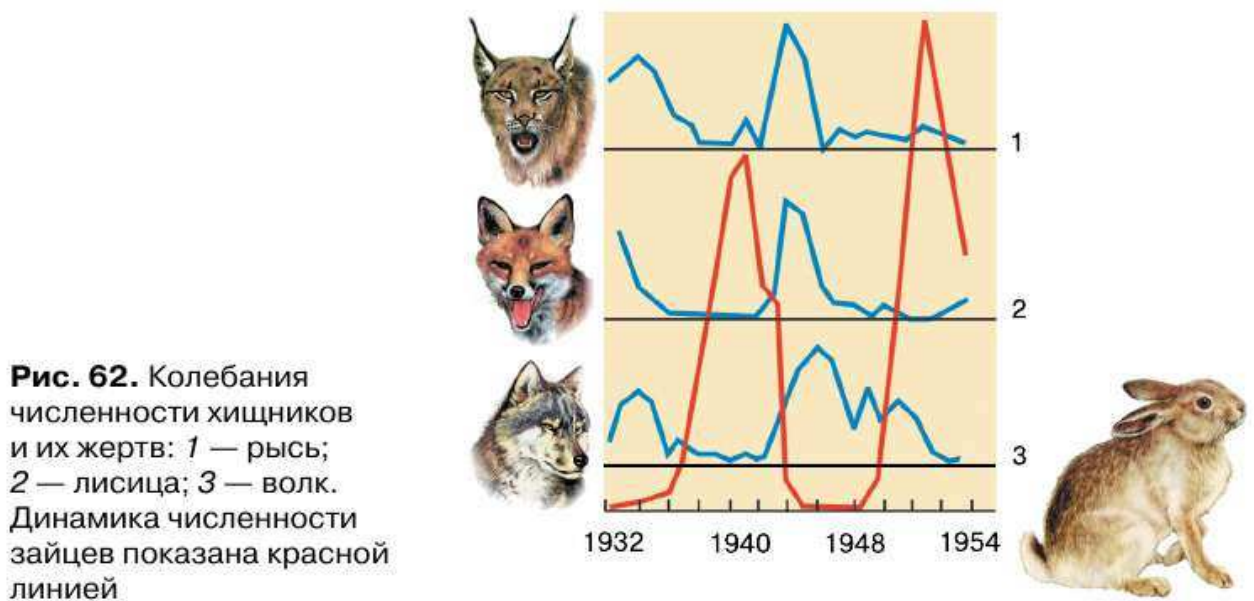
Гены, до того редко встречавшиеся, вследствие полового размножения быстро распространяются среди членов новой популяции. В то же время широко распространённые в исходной популяции гены могут отсутствовать, если их не было в генотипе основателей новой популяции.

Природные катастрофы — лесные или степные пожары, наводнения и т. п. — вызывают массовую неизбирательную гибель организмов, особенно малоподвижных форм (растения, моллюски, рептилии, земноводные и др.). Особи, избежавшие гибели,

остаются в живых благодаря чистой случайности. В популяции, пережившей катастрофическое снижение численности, частоты генов будут иными, чем в исходной популяции. Вслед за спадом численности в оставшейся немногочисленной группе начинается массовое размножение. Генетический состав этой группы определит структуру всей популяции в период её расцвета. При этом некоторые мутации могут совсем исчезнуть, а концентрация других — резко повыситься.

Популяционные волны 467. В природе наблюдаются и *периодические колебания* численности популяций, связанные со взаимоотношениями типа «хищник — жертва» (рис. 62). Усиленное размножение «жертв» за счёт увеличения их кормовых ресурсов приводит, в свою очередь, к усиленному размножению хищников. Увеличение же численности хищников вызывает массовое уничтожение их жертв. Недостаток корма обуславливает сокращение числа хищников и восстановление размеров популяций жертв. Эти колебания численности (популяционные волны, или волны жизни), а также сезонные колебания изменяют частоту генов в популяциях, в чём и состоит их эволюционное значение.

Изоляция 469. К изменениям частоты генов в популяциях приводит также ограничение обмена генами между ними вследствие *пространственной (географической) изоляции* 470. Реки служат преградой для сухопутных видов, горы изолируют равнинные популяции. Каждая из изолированных популяций обладает специфическими особенностями, связанными с условиями жизни. Важное следствие изоляции — близкородственное



скрещивание, благодаря которому рецессивные гены, распространяясь в популяции, проявляются в гомозиготном состоянии, что снижает жизнеспособность организмов. В человеческих популяциях изоляты с высоким уровнем близкородственных браков встречаются в горных районах, на островах. Существует ещё изоляция отдельных групп населения по кастовым, религиозным, расовым и другим причинам.

Эволюционное значение различных форм изоляции состоит в том, что она закрепляет и усиливает генетические различия между популяциями, а также в том, что разделённые части популяции или вида подвергаются неодинаковому давлению отбора.

Естественный отбор 472. *Естественный отбор* — процесс избирательного сохранения и воспроизведения определённых генотипов. Благодаря естественному отбору определённые признаки, способствующие повышению выживаемости и успеху в размножении, сохраняются и накапливаются в ряду поколений организмов, изменяя генофонд популяции. Естественный отбор в природных условиях осуществляется по **фенотипу** 473, т. е. отбираются те особи, чьи генотипы обеспечили им наибольшую конкурентность. Таким образом, объектом действия естественного отбора являются отдельные особи, точками приложения — отдельные признаки, а полем действия — популяция. Предпосылкой естественного отбора является борьба за существование.

Изменения популяций в ходе естественного отбора, ведущие к видообразованию, называют *микроэволюцией*.



Вопросы для повторения и задания

1. Представьте в виде схемы многообразие элементарных эволюционных факторов.
2. Какую роль играют мутации в процессе эволюции?
3. В чём проявляется относительность полезности и вредности мутаций? Приведите примеры.
4. Какие процессы приводят к изменению частоты встречаемости генов в популяциях?
5. Почему разные популяции одного и того же вида различаются по частоте встречаемости различных вариантов генов?
6. Приведите пример географической изоляции популяций в регионе, где вы проживаете.
7. Что такое микроэволюция?



- **Обратитесь к дополнительным печатным источникам информации** — энциклопедиям, монографиям, периодическим научным изданиям.
- **Обратитесь к электронному приложению**, материалы которого являются дополнительным источником информации, раскрывающим содержание ключевых понятий параграфа. Выполните задания Т97, Т98.
- **Подготовьтесь к следующему уроку.** Используя дополнительные источники информации (книги, статьи, ресурсы сети Интернет и др.), сделайте сообщение по ключевым словам и словосочетаниям следующего параграфа.

33. Формы естественного отбора

Вспомните!

- Многообразие видов • Гаттерия • Гинкго • Латимерия

В настоящее время естественный отбор рассматривают как основной движущий фактор эволюции организмов. Учение о естественном отборе создано Ч. Дарвином (1859). Независимо от Дарвина к идее естественного отбора пришёл **А. Уоллес** 116 (1858). Концепция естественного отбора получила дальнейшее развитие в работах многих учёных, среди которых С. С. Четвериков, И. И. Шмальгаузен, Дж. Холдейн, Ф. Г. Добржанский и др. Генетическая сущность естественного отбора заключается в случайном сохранении в популяции определённых генотипов и избирательном их участии в передаче генов следующему поколению. Современная наука выделяет несколько форм естественного отбора, некоторые из них мы сейчас рассмотрим.

Движущий отбор 479 ►. Этот отбор способствует сдвигу среднего значения признака или свойства и приводит к появлению новой формы вместо старой, переставшей соответствовать новым условиям. *Движущая форма естественного отбора действует при изменении условий внешней среды.*

Ярким примером действия движущего отбора служит возникновение устойчивости животных к ядохимикатам.

Таким образом, ведущая роль в распространении новых признаков внутри данного вида при изменении условий внешней среды принадлежит движущей форме естественного отбора.

Изменение признака может происходить как в сторону его усиления, большей выраженности, так и в сторону ослабления, вплоть до полного исчезновения. Примером утраты признака как результата действия движущего отбора может служить редукция глаз у кротов, ведущих подземный образ жизни.

Отбор устраняет от размножения менее удачных особей, или, другими словами, менее удачные комбинации генов. Можно говорить о творческой роли естественного отбора, поскольку результатом его действия являются новые виды организмов, новые формы жизни.

Стабилизирующий отбор 481 действует в постоянных условиях среды. На значение этой формы отбора указал выдающийся русский учёный И. И. Шмальгаузен. Стабилизирующий отбор направлен на поддержание ранее сложившегося среднего значения признака или свойства: размеров тела или отдельных его частей у животных, размеров и формы цветка у растений, концентрации гормонов или глюкозы в крови у позвоночных и т. д. Так, у насекомоопыляемых растений размеры и форма цветков очень устойчивы. Объясняется это тем, что цветки должны соответствовать строению и размерам тела насекомых-опылителей. Шмель не способен проникнуть в слишком узкий венчик цветка, бабочка не сможет хоботком коснуться слишком коротких тычинок у растений с очень длинным венчиком. В обоих случаях цветки, не вполне соответствующие строению опылителей, не образуют семян. Следовательно, гены, обусловившие отклонение от нормы, устраняются из генофонда вида.

Стабилизирующая форма естественного отбора предохраняет сложившийся генотип от разрушающего действия мутационного процесса. В относительно постоянных условиях внешней среды наибольшей приспособленностью обладают особи со средней выраженностью признаков, а резкие отклонения от средней нормы устраняются. Благодаря стабилизирующему отбору до наших дней сохранились «живые ископаемые»: кистепёрая рыба **латимерия** 482, предки которой были широко распространены в палеозойскую эру; представитель древних рептилий **гаттерия** 483, внешне похожая на крупную ящерицу (рис. 63); голосеменное растение **гинкго** 484, дающее представление о древних формах, вымерших в юрском периоде мезозойской эры. Ныне живущий североамериканский **опоссум** 485 сохраняет облик, характерный для животных, живших десятки миллионов лет назад.



Рис. 63. Древнейшие животные, сохранившиеся в современной фауне: гаттерия (вверху) и латимерия (внизу)



Половой отбор 488. У раздельнополых животных самцы и самки различаются не только по строению органов размножения, но и по внешним признакам, поведению. Вспомните яркий наряд из перьев у петуха, крупный гребень, шпоры на ногах, громкое пение. Очень красивы самцы фазанов по сравнению с гораздо более скромными курочками. Клыки верхних челюстей — бивни — особенно сильно разрастаются у самцов моржей. Внешние различия в строении полов носят название **полового диморфизма** 489 (рис. 64) и обусловлены их ролью в половом отборе. *Половой отбор* представляет собой **конкуренцию самцов за возможность размножения** 490. Этой цели служат пение, демонстративное поведение (рис. 65), ухаживание, а нередко и драки между самцами (рис. 66).

У птиц разбивка на пары в период размножения сопровождается брачными играми, или токованием. Для того чтобы привлечь внимание самки, токующие самцы принимают своеобразные позы, совершают особые движения, развёртывают и раздува-



Рис. 64. Половой диморфизм у морских львов: слева — самец, справа — самка



Рис. 65. Токующий глухарь — пример характерного полового поведения в период размножения

ют оперение, издают характерные звуковые сигналы. Например, тетерева на токах собираются по несколько десятков на лесных полянах ещё ночью. Разгар тока приходится на раннее утро. Ме-



Рис. 66. Во время брачного сезона самцы оленей борются за обладание самками

жду самцами возникают жестокие драки, а самки в это время сидят на опушках поляны или в кустах. В результате полового отбора потомство оставляют наиболее активные, здоровые и сильные самцы, остальные отстраняются от размножения, и их генотипы исчезают из генофонда вида.

Иногда яркий брачный наряд появляется у животных только на период размножения. Самцы остромордой лягушки приобретают в воде красивую ярко-голубую окраску. Яркая окраска самцов и их демонстративное поведение демаскируют их перед хищниками и увеличивают вероятность гибели. Однако это выгодно для вида в целом, так как самки в период выведения потомства остаются в большей безопасности.

Половой диморфизм и половой отбор распространены в животном мире достаточно широко, вплоть до приматов (рис. 67). Эту форму отбора следует рассматривать как частный случай внутривидового естественного отбора.



Вопросы для повторения и задания

1. Какие существуют формы естественного отбора?
2. В каких условиях внешней среды действуют разные формы отбора?
3. Почему у микроорганизмов — вредителей сельского хозяйства и других организмов появляется устойчивость к ядохимикатам?



Рис. 67. Половой диморфизм у приматов.
Белорукий гиббон: слева — самка, справа — самец

4. Что такое половой отбор? Приведите примеры.
5. Как вы считаете, почему из всех факторов эволюции движущей силой эволюции называют только естественный отбор?
6. Подготовьте сообщение или презентацию на тему «Живые ископаемые».



Работа с дополнительными источниками информации

- **Обратитесь к дополнительным печатным источникам информации** — энциклопедиям, монографиям, периодическим научным изданиям.
- **Обратитесь к электронному приложению**, материалы которого являются дополнительным источником информации, раскрывающим содержание ключевых понятий параграфа. Выполните задания Т99, Т100.
- **Подготовьтесь к следующему уроку.** Используя дополнительные источники информации (книги, статьи, ресурсы сети Интернет и др.), сделайте сообщение по ключевым словам и словосочетаниям следующего параграфа.

34. Главные направления эволюции

Вспомните!

- *Жизненные формы растений и животных* • Хищники
- *Паразиты* • Сидячий образ жизни

Ч. Дарвин считал, что естественный отбор не всегда ведёт к повышению организации. Адаптивные изменения, благоприятные для выживания популяции, могут быть направлены на специализацию (приобретение узких приспособлений при освоении новых мест обитания или источников питания), в результате чего группа организмов устраняется от конкуренции. Приобретение специальных приспособлений к ограниченным условиям среды не меняет уровня организации, но способствует процветанию вида. Иногда оказывается выгодным переход к сидячему образу жизни, пассивному питанию или паразитизму. Такая адаптация, как правило, ведёт к упрощению организации, утрате ряда органов.

Выделяют два главных направления эволюции: **биологический прогресс** 505 и **биологический регресс** 506. Пути достижения биологического прогресса, т. е. процветания группы организмов: 1) ароморфоз (морфофизиологический прогресс); 2) идиоадаптация; 3) общая дегенерация.

Ароморфоз 508 (от греч. *айро* — поднимаю, *морфа* — образец, форма) означает усложнение структурно-функциональной организации, поднятие её на более высокий уровень. Изменения в строении животных в результате ароморфоза не являются приспособлениями к каким-либо специальным условиям среды, они носят общий характер и позволяют шире использовать условия внешней среды (новые источники пищи, новые места обитания).

Ароморфозы обеспечивают переход от пассивного питания к активному (появление челюстей у позвоночных), повышают подвижность животных (появление скелета как места прикрепления мышц и замена пластов гладкой мускулатуры у червей на пучки поперечно-полосатой у членистоногих), дыхательную функцию (возникновение жабр и лёгких), снабжение тканей кислородом (появление сердца у рыб и разделение артериального и венозного кровотока у птиц и млекопитающих). Все эти изменения, не будучи частными приспособлениями к конкретным условиям среды, повышают интенсивность жизнедеятель-

ности животных, уменьшают их зависимость от условий существования.

Все ароморфозы сохраняются в ходе дальнейшей эволюции и приводят к возникновению новых крупных систематических групп — классов, типов, некоторых отрядов (у млекопитающих).

Идиоадаптация ⦿ 511 (от греч. *идиос* — особенность, *адаптация* — приспособление) — приспособление к специальным условиям среды, полезное в борьбе за существование, но не изменяющее уровня организации животных или растений. Поскольку каждый вид организмов живёт в определённых местообитаниях, у него вырабатываются **частные адаптации** ⦿ 510 (приспособления) именно к этим условиям. К разным видам идиоадаптаций относятся покровительственная окраска животных, колючки растений, плоская форма тела скатов и камбалы. В зависимости от условий обитания и образа жизни многочисленным преобразованиям подвергается пятипалая конечность млекопитающих. На рисунке 68 рассмотрите, как разнообразны формы конечностей у представителей отрядов грызунов и зайцеобразных. Точно так же различия внешнего вида и деталей строения животных, относящихся к отрядам парнокопытных и мозоленогих (рис. 69), вызваны неодинаковыми условиями их существования.

После возникновения ароморфозов и особенно при выходе группы животных в новую среду обитания начинается приспособление отдельных популяций к условиям существования именно путём идиоадаптаций. Так, класс птиц в процессе расселения по суше дал громадное разнообразие форм. Рассматривая строение колибри, воробьёв, канареек, орлов, чаек, попугаев, пеликанов, пингвинов и т. д., можно прийти к выводу, что все различия между ними сводятся к частным приспособлениям, хотя основные черты строения у всех птиц одинаковы (рис. 70, 71).

Крайняя степень приспособления к ограниченным условиям существования носит название **специализации** ⦿ 513. Питание только одним видом пищи, обитание в однородной и постоянной среде приводят к тому, что вне этих условий организмы жить не могут. Таковы колибри, питающиеся только нектаром цветков тропических растений, муравьеды, специализирующиеся на питании исключительно муравьями, хамелеоны, приспособленные к обитанию на тонких ветвях деревьев.

Общая дегенерация ⦿ 514. Биологическое процветание достигается и упрощением организации. Упрощение организации —

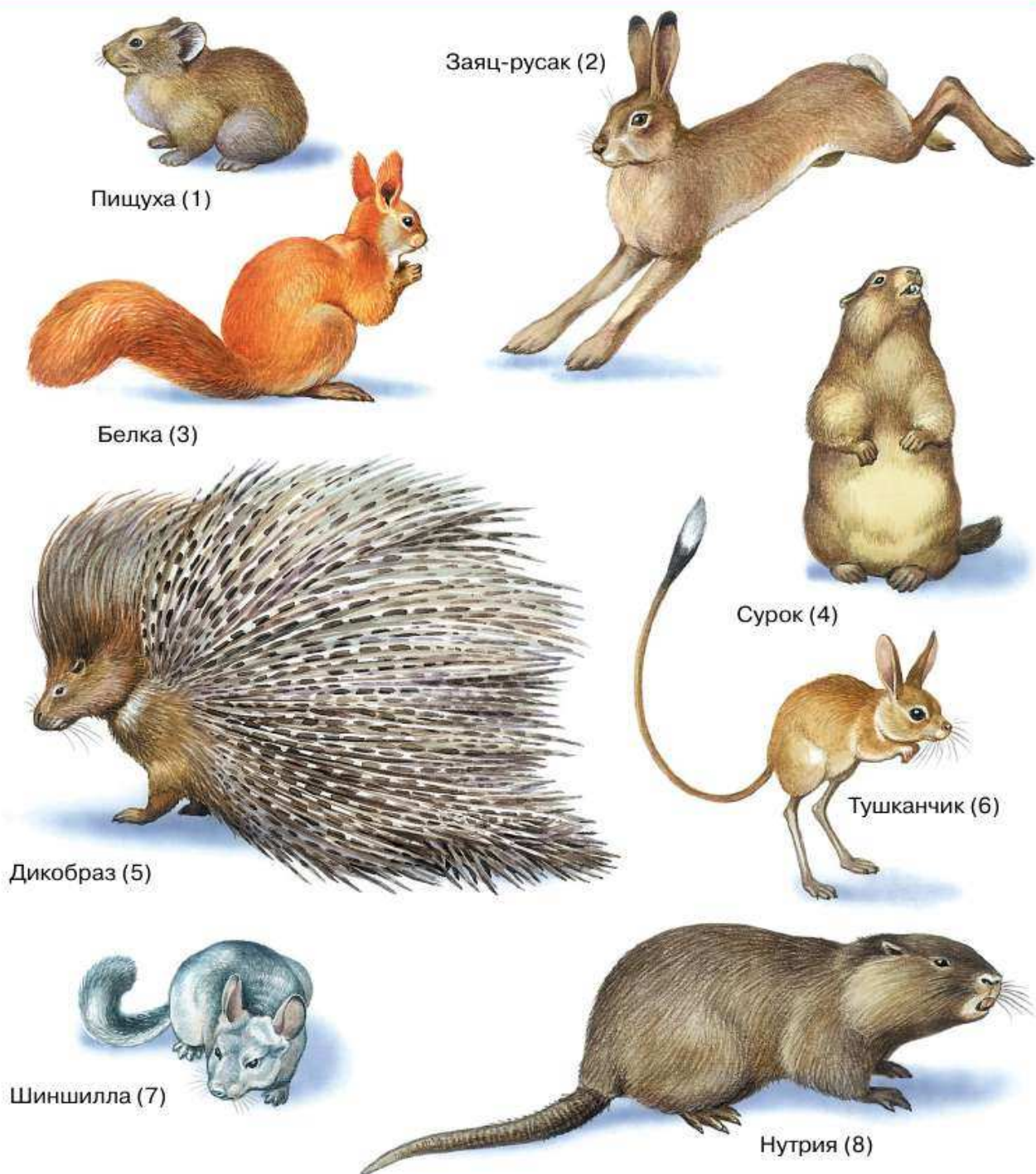


Рис. 68. Виды зайцеобразных (1, 2) и грызунов (3—8)

морфофизиологический регресс — ведёт к исчезновению органов активной жизни и носит название общей дегенерации. Общая дегенерация как путь биологического прогресса наблюдается у многих форм и связана главным образом с переходом к сидячему или **паразитическому образу жизни** 515. Виды, перешед-

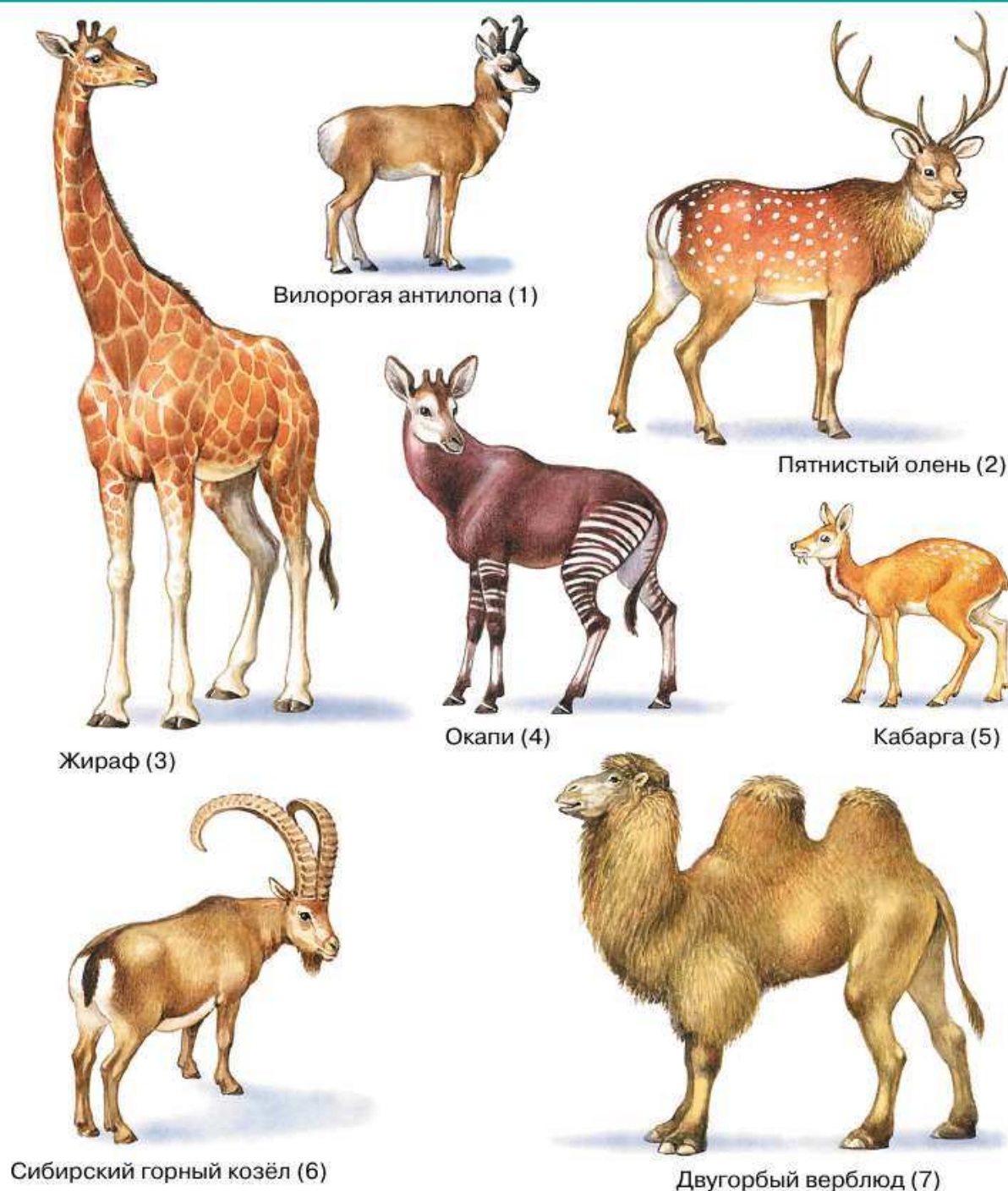


Рис. 69. Виды парнокопытных (1—6) и мозоленогих (7)

шие к паразитизму, резко отличаются от свободноживущих видов. У растений-паразитов атрофируются корни, листья, нередко утрачивается способность к фотосинтезу, и такое растение целиком существует за счёт хозяина. У животных, например плоских червей, редуцируются органы чувств, упрощается строение нерв-

Рис. 70. Характерная форма клюва у клеста-сосновика, питающегося семенами сосны, резко отличается от клювов птиц, пищей которых служат насекомые или семена других растений

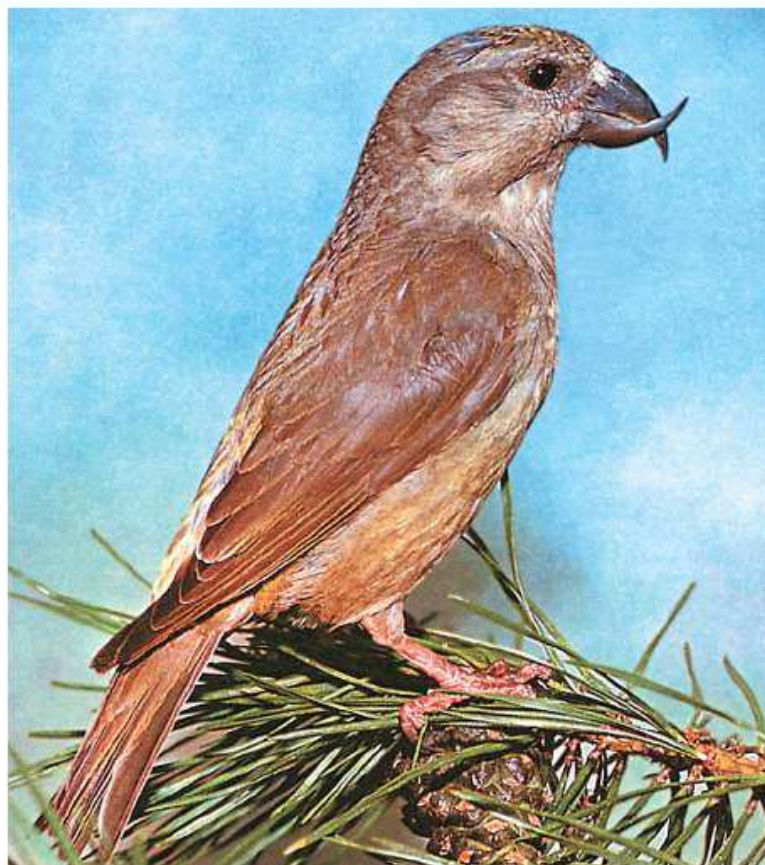


Рис. 71. Форма клюва у различных видов зябликов зависит от характера пищи



Большой земляной выюрок ест твёрдые семена



Зяблик-славка ест насекомых



Дятловый древесный зяблик ест насекомых



Большой древесный зяблик ест насекомых и семена



Остроклювый земляной зяблик ест семена, насекомых



Большой кактусовый земляной зяблик ест кактусы

ной системы, пищеварительной системы. Взамен у них развиваются различные частные приспособления — присоски, прицепки, способствующие удержанию в кишечнике хозяина. Наиболее прогрессивного развития у паразитов достигает половая система.



Рис. 72. Трихинеллы из мышечной ткани

Так, самка одного из паразитических ракообразных полностью утратила признаки членистоногих и выполняет только одну функцию — образование яиц. Плодовитость паразитов чрезвычайно велика. Бычий цепень, паразитирующий в кишечнике человека, за свою жизнь (18—20 лет) производит около 11 млрд яиц. Круглые черви — аскариды, трихинеллы (рис. 72) также обладают высокой плодовитостью. Защищённость телом хозяина и высокая плодовитость паразитов обеспечивают им широкое распространение и биологическое процветание.

Переход к сидячему образу жизни и **пассивному питанию** 516 (например, асцидия — см. рис. 36) сопровождается упрощением организации и устранением от конкуренции с другими видами, что также ведёт к сохранению вида.



Вопросы для повторения и задания

1. Назовите основные направления эволюции организмов.
2. Приведите примеры ароморфозов у растений.
3. Рассмотрите рисунки 68 и 69. Приведите примеры идиоадаптаций у млекопитающих.
4. Как изменяется строение организмов при переходе к паразитизму?

5. Согласны ли вы с утверждением, что общая дегенерация может способствовать биологическому процветанию и успеху? Аргументируйте свой ответ.
6. Какой биологический механизм обеспечивает движение групп организмов в том или ином эволюционном направлении?
7. Можно ли утверждать, что эволюция может носить как прогрессивный, так и регрессивный характер? Ответ обоснуйте.



Работа с дополнительными источниками информации

- **Обратитесь к дополнительным печатным источникам информации** — энциклопедиям, монографиям, периодическим научным изданиям.
- **Обратитесь к электронному приложению**, материалы которого являются дополнительным источником информации, раскрывающим содержание ключевых понятий параграфа. Выполните задания Т103—Т105.
- **Подготовьтесь к следующему уроку.** Используя дополнительные источники информации (книги, статьи, ресурсы сети Интернет и др.), сделайте сообщение по ключевым словам и словосочетаниям следующего параграфа.

35. Типы эволюционных изменений

Вспомните!

- Гомологичные органы • Видоизменения листьев
- Видоизменения побегов • Роющие животные
- Прыгающие животные • Ползающие животные

Дивергенция 496 . Появление новых форм всегда связано с приспособлением к местным географическим и экологическим условиям существования. Так, класс млекопитающих состоит из многочисленных отрядов, представители которых отличаются родом пищи, особенностями мест обитания, т. е. условиями существования (насекомоядные, рукокрылые, хищные, **парнокопытные** 498 , **китообразные** 497 и т. д.). Каждый из этих отрядов включает подотряды и семейства, которые, в свою очередь, характеризуются не только специфическими морфологическими признаками, но и экологическими особенностями (формы бегающие, скачущие, лазающие, роющие, плавающие). Внутри любого семейства виды и роды различаются образом жизни, объектами питания и т. п.

Как указывал Дарвин, в основе всего эволюционного процесса лежит *дивергенция* (от лат. *диверго* — отклоняюсь, отхожу). Это процесс расхождения признаков организмов, возникающих от общего предка, в ходе их приспособления к разным условиям обитания. Дивергировать могут не только виды, но и роды, семейства, отряды.

Листья у растений в зависимости от условий могут превращаться в усики (у гороха), в иглы (у барбариса), в колючки (у кактуса), однако всё это — видоизменённые листья. Корневище ландыша, клубни картофеля, луковица репчатого лука, внешне такие различные, представляют собой видоизменённые побеги. В основе дивергентной эволюции лежит общий генофонд. Родственные связи между образовавшимися в процессе дивергенции группами организмов можно установить, изучая **гомологичные органы** 499 — органы, имеющие общее происхождение и сходный план строения (см. § 12).

Конвергенция. В одинаковых условиях существования животные, относящиеся к разным, часто далёким систематическим группам, могут приобретать сходное строение. Такое сходство строения возникает при сходстве функций и ограничивается только органами, непосредственно связанными с одними и теми же факторами среды. Это явление называют **конвергенцией** 502 (от лат. *конверго* — приближаюсь, схожусь).

При этом исторически сложившаяся организация в целом никогда не подвергается конвергенции. Внешне очень похожи хамелеоны и лазающие агамы, обитающие на ветвях деревьев, хотя они и относятся к разным подотрядам (рис. 73). Конвергентное сходство обнаруживают конечности разных животных, ведущих роющий образ жизни (рис. 74). **Сходную форму тела** 503 имеют некоторые позвоночные, обитающие в одинаковых условиях. Одинаковый образ жизни сумчатых и плацентарных млекопитающих привёл их независимо друг от друга к подобию многих черт строения. Сходны европейский крот и сумчатый крот, сумчатый волк напоминает «настоящего» волка. Ярким примером возникновения сходных структур у неродственных групп организмов служит строение глаза осьминога и человека (рис. 75).

У организмов, способных к полёту, имеются крылья и другие приспособления (рис. 76). Но крылья птицы и летучей мыши — изменённые передние конечности, а крылья бабочки — выросты стенки тела.

При освоении суши у неродственных групп животных, членистоногих и позвоночных, развивается приспособление к сохране-



Рис. 73. Хамелеон (слева) и лазающая агама (справа)

нию воды в теле — плотные покровы с водонепроницаемым наружным слоем. Для большинства водных животных характерно выведение продуктов азотного обмена в виде аммиака с большим количеством воды. У наземных животных азот выделяется в виде мочевой кислоты, что позволяет максимально сокращать расход воды. Таким образом, в процессе эволюции физиологическое совершенствование неродственных организмов осуществляется сходными путями на базе структур разного происхож-

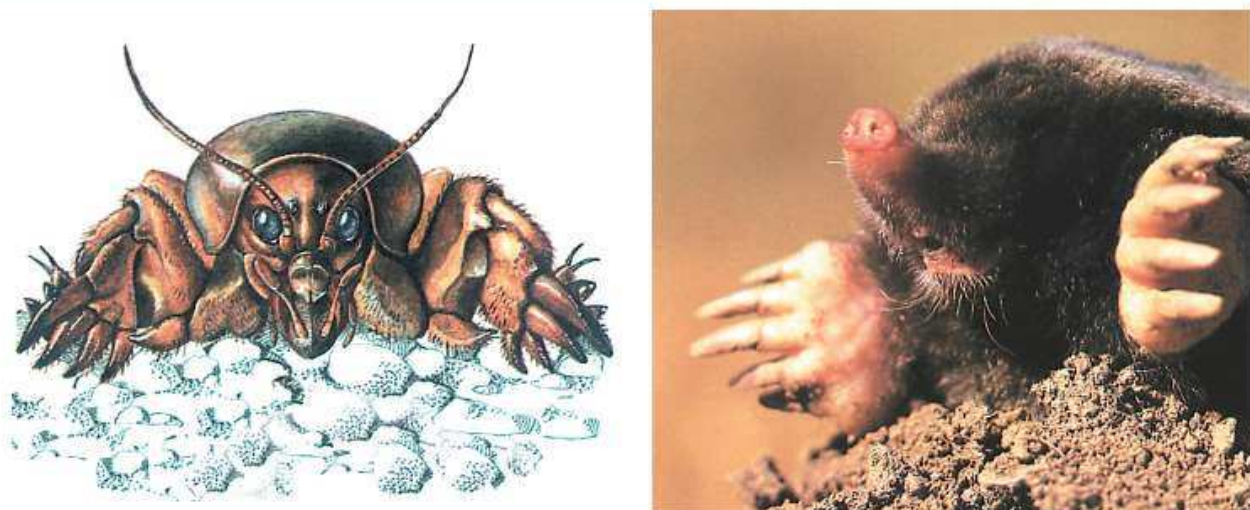


Рис. 74. Конвергентное сходство конечностей у насекомого (медведка, слева) и млекопитающего (крот, справа), ведущих роющий образ жизни

Рис. 75. Строение глаза осьминога (А) и человека (Б):

1 — зрительный нерв;
2 — сетчатая оболочка;
3 — стекловидное тело;
4 — хрусталик; 5 — радужная оболочка; 6 — передняя камера глаза; 7 — роговица

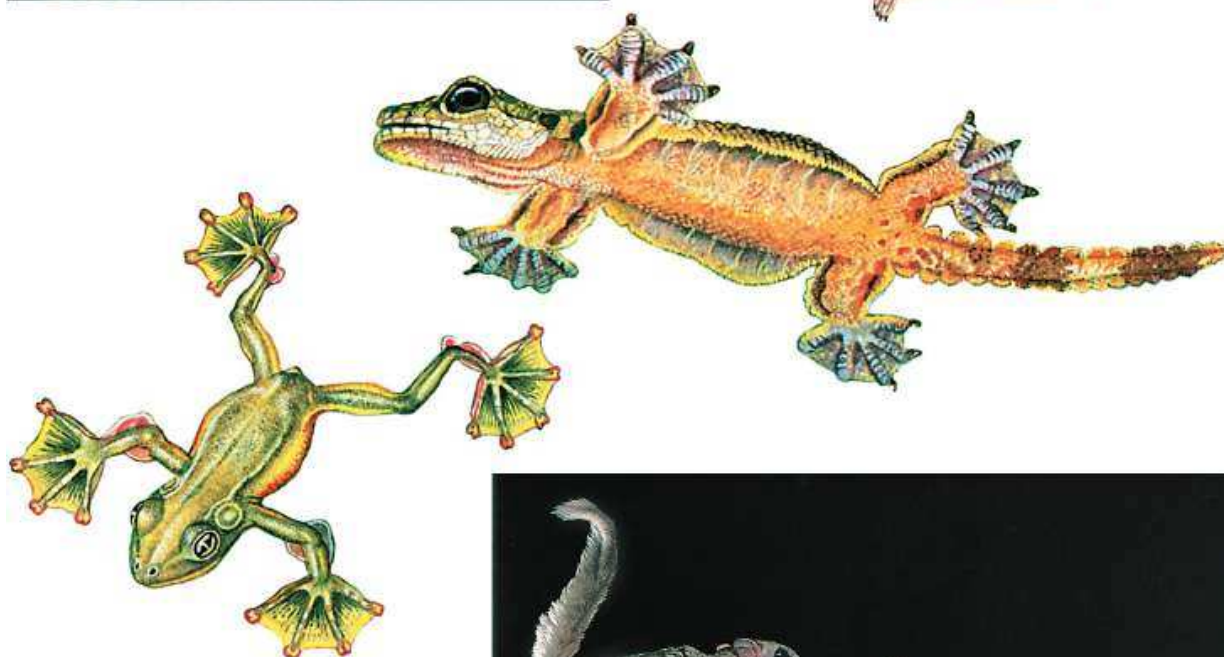
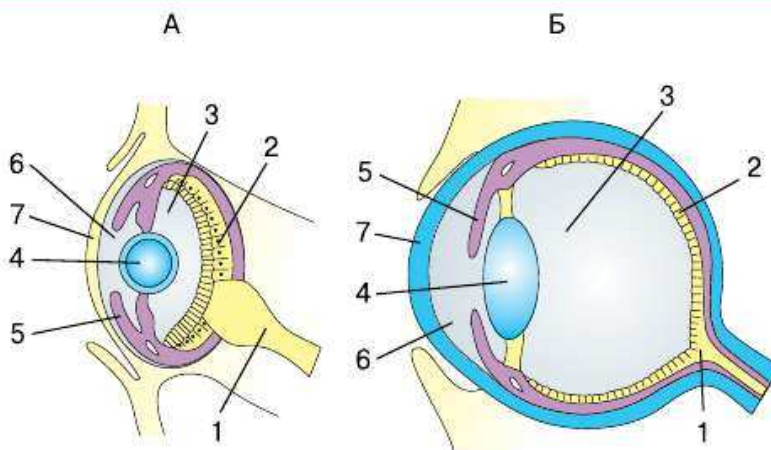


Рис. 76. Приспособления для планирующего полёта у млекопитающих, рептилий и амфибий.
На фото: ящерица (вверху) и белки-летяги (внизу)

дения. Такие органы, которые имеют разное происхождение, но выполняют сходные функции, называют **аналогичными органами** 504.

Необратимость эволюции. К общим правилам эволюции групп живых организмов относится правило необратимости эволюционных преобразований. Так, если на каком-то этапе от примитивных амфибий возникли рептилии, то при дальнейшей эволюции рептилии не могут дать вновь начало амфибиям, а земноводные, в свою очередь, не превратятся со временем в рыб. Вернувшиеся в воду наземные позвоночные (среди рептилий — ихтиозавры, среди млекопитающих — китообразные и ластоногие) не стали рыбами. Предыдущая история развития для любой группы организмов не проходит бесследно, и приспособление к среде, в которой когда-то обитали предки, осуществляется уже на иной генетической основе.



Вопросы для повторения и задания

1. Чем определяется расхождение признаков у родственных групп организмов и возникновение внешнего сходства у неродственных?
2. Раскройте и сравните содержание понятий «дивергенция» и «конвергенция».
3. Приведите примеры аналогичных и гомологичных органов. Как вы можете доказать принадлежность названных структур к той или иной группе органов?
4. Докажите, что дивергентное или конвергентное развитие групп живых организмов носит приспособительный характер. Приведите примеры.
5. В чём сущность необратимости эволюции?



Работа с дополнительными источниками информации

- **Обратитесь к дополнительным печатным источникам информации** — энциклопедиям, монографиям, периодическим научным изданиям.
- **Обратитесь к электронному приложению**, материалы которого являются дополнительным источником информации, раскрывающим содержание ключевых понятий параграфа. Выполните задания Т101, Т102.
- **Подготовьтесь к следующему уроку.** Используя дополнительные источники информации (книги, статьи, ресурсы сети Интернет и др.), сделайте сообщение по ключевым словам и словосочетаниям следующего параграфа.



Приспособленность организмов к условиям внешней среды как результат эволюции

Растения и животные удивительно приспособлены к условиям среды, в которых они обитают. В понятие «приспособленность вида» входят не только внешние признаки, но и соответствие строения внутренних органов выполняемым ими функциям (например, длинный и сложно устроенный пищеварительный тракт жвачных животных, питающихся растительной пищей). Соответствие физиологических функций организмов условиям их обитания, их сложность и разнообразие также входят в понятие приспособленности.

Показатели хорошей приспособленности группы организмов — её высокая численность, широкий ареал и большое количество подчинённых систематических групп. Систематическая группа (вид, род, семейство и т. д.) находится в состоянии процветания, или биологического прогресса, если в неё входит значительное число систематических групп более низкого ранга. Например, внутри отряда всегда есть многочисленные семейства, включающие, в свою очередь, большое число родов, которые также богаты входящими в них видами. Таким образом, *биологический прогресс* представляет собой результат успеха в борьбе за существование.

Отсутствие необходимого уровня приспособленности приводит к угнетённому состоянию таксономической группы — *биологическому регрессу* — уменьшению численности, сокращению ареала, снижению числа систематических групп более низкого ранга. Биологический регресс чреват опасностью вымирания. Например, вследствие усиленного отстрела резко сократилась численность и сузился ареал распространения соболя. На грани вымирания находятся уссурийский тигр, гренландский кит, барханный кот и другие животные.

36. Приспособительные особенности строения и поведения животных

Вспомните!

- Покровительственная окраска • Предупреждающая окраска
- Приспособительное поведение • Демонстративное поведение
- Мимикрия • Тигр • Зебра • Черепаха • Скот • Камбала

У животных приспособительной является *форма тела*. Хорошо известен облик водного млекопитающего — дельфина. Его движения легки и точны, а скорость движения в воде достигает 40 км/ч. Плотность воды в 800 раз выше плотности воздуха. Как дельфину удаётся преодолеть её? Этому способствует торпедовидная форма его тела, благодаря которой не образуются тормозящие движение завихрения потоков воды, обтекающих дельфина.

Обтекаемая форма тела 517 способствует быстрому передвижению животных и в воздушной среде. Маховые и контурные перья, покрывающие тело птицы, полностью сглаживают его форму. У птиц нет выступающих ушных раковин, в полёте они обычно втягивают ноги. В результате по скорости передвижения они намного превосходят всех других животных. Например, сокол-сапсан пикирует на свою жертву со скоростью до 290 км/ч. Птицы быстро двигаются даже в воде. Наблюдали антарктического пингвина, плывущего под водой со скоростью около 35 км/ч.

У животных, ведущих скрытый образ жизни, полезными оказываются приспособления, придающие им сходство с предметами окружающей среды. Этот способ защиты называют **маскировкой** 518. Причудливая форма тела рыб, обитающих в зарослях водорослей (рис. 77, 78), помогает им успешно скрываться от врагов. Сходство с предметами среды обитания широко распространено у насекомых. Известны жуки, внешне напоминающие лишайники, цикады, сходные с шипами тех кустарников, среди которых они живут. Насекомые палочники и гусеницы пяденицы похожи на бурые или зелёные веточки (рис. 80), а некоторые насекомые имитируют листья деревьев и кустарников, среди которых они обитают (рис. 79, 81). Уплотнённое в спинно-брюшном направлении тело имеют рыбы, ведущие придонный образ жизни.

Средством защиты от врагов служит и **покровительственная окраска** 519. Благодаря ей птицы, насиживающие яйца



Рис. 77. Форма тела морского конька (слева) делает его незаметным на фоне водорослей



Рис. 78. Неяркая окраска и вытянутое тело морских игл позволяют им скрыться в зарослях водорослей

на земле, сливаются с окружающим фоном. Мало заметны и их яйца, имеющие пигментированную скорлупу, и вылупляющиеся из них птенцы (рис. 82, 83). Защитный характер пигментации яиц подтверждается тем, что у птиц, чьи яйца недоступны для врагов, покровительственная окраска скорлупы не развивается.

Покровительственная окраска широко распространена среди самых различных животных. Гусеницы бабочек часто зелёные, под цвет листьев, или тёмные, под цвет коры или земли. Донные рыбы обычно окрашены под цвет песчаного дна (скаты и камбалы). При этом **камбалы** 520 могут ещё и менять окраску в зависимости от цвета окружающего фона (рис. 84). Способность менять окраску путём перераспределения пигмента в покровах тела известна и у наземных животных, например у **хамелеона** 521 ► (рис. 85). Животные пустынь имеют, как правило, жёлто-бурую или песочно-жёлтую окраску. Однотонная покрови-

Рис. 79. Индийский растительный клоп



Рис. 80. Гусеница пяденицы в позе покоя



Рис. 81. Бабочка каллима на кустарнике

тельственная окраска свойственна как насекомым (саранча) и мелким ящерицам, так и крупным копытным (антилопы, олени) и хищникам (лев).

Если фон среды изменяется в зависимости от сезона года, многие животные меняют окраску. Например, у обитателей средних и высоких широт (песец, заяц, горностай, белая куропатка) после **сезонной линьки** 523 мех или оперение становятся белыми, что делает их незаметными на снегу.

Однако нередко у животных окраска тела не маскирует их, а, напротив, привлекает к ним внимание. Такая окраска свойственна, например, ядовитым или жалящим насекомым: пчё-



Рис. 82. Тундровая куропатка у гнезда



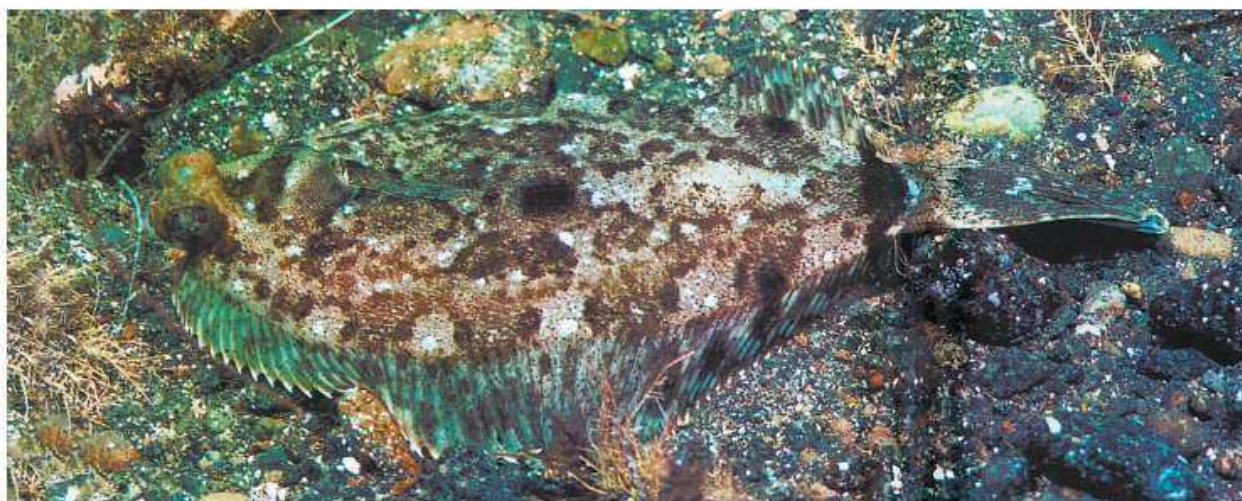
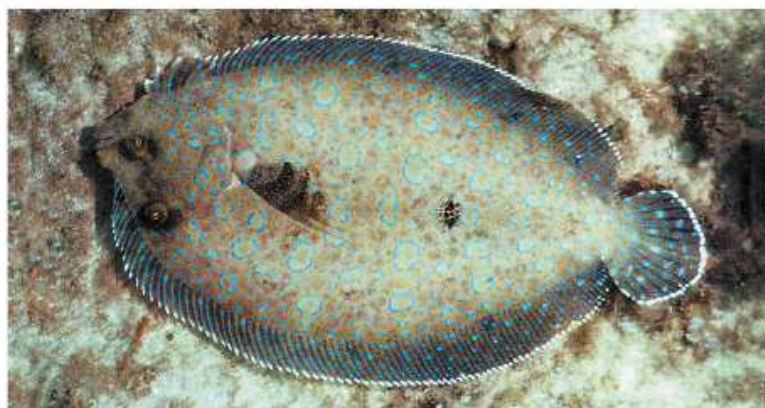
Рис. 83. Малый зуёк на кладке яиц

лам, осам, жукам-нарывникам. Божью коровку, очень заметную, птицы не склёвывают из-за выделяемого ею ядовитого секрета. Яркую **предупреждающую окраску** 525 имеют не-съедобные гусеницы, многие ядовитые змеи. Такая окраска заранее предупреждает хищника о бесполезности и даже опасности нападения. Методом «проб и ошибок» хищники быстро приучаются «обходить стороной» потенциальную жертву с предупреждающей окраской.

Защитное действие покровительственной окраски повышается при сочетании её с соответствующим поведением. Например, **выпь** 524 гнездится в камышах. В минуты опасности она вытягивает шею, поднимает вверх голову и замирает. В такой позе её трудно обнаружить даже на близком расстоянии. Многие другие животные, не обладающие средствами активной защиты, в случае опасности принимают позу покоя (насекомые, рыбы, амфибии, птицы) (см. рис. 80). Предостерегающая окраска у животных, наоборот, сочетается с **демонстративным поведением** 526, отпугивающим хищника (рис. 86).



Рис. 84. Некоторые придонные рыбы, например камбала, обладают способностью подстраивать свою окраску под цвет и характер морского дна



Эффективность предостерегающей окраски явилась причиной очень интересного явления — подражания (мимикрии, от греч. *μιμος* — актёр). **Мимикрией** 527 называют сходство безза-



Рис. 85. Хамелеоны меняют окраску в соответствии с окружающим фоном

щитного или съедобного вида с одним или несколькими неродственными ему видами, хорошо защищёнными и обладающими предостерегающей окраской. С божьей коровкой размерами, формой тела и распределением пигментных пятен очень сходен один из видов тараканов. Некоторые съедобные бабочки формой тела, окраской подражают ядовитым бабочкам (рис. 87), мухи — осам. Возникновение мимикрии связано с накоплением под контролем естественного отбора мелких удачных мутаций у съедобных видов в условиях их совместного обитания с несъедобными. Подражательная окраска скорлупы яиц наблюдается в случае **гнездового паразитизма** 528 у птиц. Обыкновенная кукушка, как известно, сама не насиживает яиц, а откладывает их в гнёзда птиц других видов (рис. 88). При этом яйца кукушки настолько похожи на яйца вида-хозяина, что самка не может различить их и насиживает вместе со своими, а затем выкармливает птенца (рис. 89).

Кроме окраски, у животных и растений наблюдаются и другие средства защиты. У растений нередко образуются иглы и колючки, защищающие их от поедания травоядными животными (кактусы, шиповник, боярышник, облепиха и др.). Такую же роль играют ядовитые вещества, обжигающие волоски, например у крапивы. Кристаллы щавелевокислого кальция, накапливающиеся в шипах некоторых растений, предохраняют их от поедания гусеницами, улитками и даже грызунами. Образова-



Рис. 86. Устрашающая поза австралийской бородатой ящерицы часто отпугивает от неё врагов

ния в виде твёрдого хитинового покрова у членистоногих (жуки, крабы), раковин у моллюсков, роговых щитков у крокодилов, панциря у броненосцев и черепах (рис. 90) спасают их от многих врагов. Этому же служат иглы у ежа и дикобраза. Все эти приспособления могли появиться лишь в результате естественного



Рис. 87. Бабочка данаида (слева) обязана своей несъедобностью тому, что её гусеницы питаются листьями ядовитого растения. В её тканях содержатся вещества, вызывающие у птиц сильное отравление. Птицы быстро научаются не трогать данаид, а заодно и их подражательниц — съедобных нимфалид (справа)

Рис. 90. Толстый панцирь слоновой черепахи надёжно защищает её даже от крупных хищников



отбора, т. е. преимущественного выживания лучше защищённых особей.

Для выживания организмов в борьбе за существование большое значение имеет **приспособительное поведение** 529. Помимо затаивания или демонстративного, отпугивающего поведения при приближении врага, существует много других вариантов приспособительного поведения, обеспечивающего выживаемость взрослых особей или молоди. Так, многие животные **запасают корм** 530 на неблагоприятный сезон года. В пустынях для многих видов время наибольшей активности — ночь, когда спадает зной.



Вопросы для повторения и задания

1. Приведите примеры приспособленности организмов к условиям существования на основании собственных наблюдений.
2. Почему у некоторых животных яркая, демаскирующая окраска, а у других, наоборот, покровительственная?
3. В чём сущность мимикрии? Сравните мимикрию и маскировку. В чём их принципиальные различия? Чем они схожи?
4. Распространяется ли действие естественного отбора на поведение животных? Приведите примеры.
5. Каковы биологические механизмы возникновения приспособительной (скрывающей и предупреждающей) окраски у животных?
6. Существуют ли живые организмы, не имеющие приспособительных особенностей строения? Ответ обоснуйте.
7. Составьте план параграфа.



- **Обратитесь к дополнительным печатным источникам информации** — энциклопедиям, монографиям, периодическим научным изданиям.
- **Обратитесь к электронному приложению**, материалы которого являются дополнительным источником информации, раскрывающим содержание ключевых понятий параграфа. Выполните задания Т106—Т108.
- **Подготовьтесь к следующему уроку.** Используя дополнительные источники информации (книги, статьи, ресурсы сети Интернет и др.), сделайте сообщение по ключевым словам и словосочетаниям следующего параграфа.

37. Забота о потомстве

Вспомните!

- Пчёлы • Муравьи • Птицы • Млекопитающие
- Гнёзда • Охрана потомства

Большое значение для выживания вида имеют приспособления (адаптации), обеспечивающие защиту потомства от врагов. Забота о потомстве может проявляться в разной форме.

Адаптации, связанные с физической защитой потомства 531
и с обеспечением потомства пищей 535. Многие рыбы охраняют икру, откладываемую между камнями, активно отгоняя при-



Рис. 91. Самец и самка трёхиглой колюшки перед откладкой икры в гнездо



Рис. 92. Икра во рту рыбы



Рис. 93. Самка сумчатой лягушки вынашивает икру в сумке на спине



Рис. 94. Самец водяного клопа носит оплодотворённые яйца на спине

ближающихся возможных врагов. Азовские и каспийские бычки откладывают икру в ямки, вырытые на дне, и охраняют её затем до вылупления мальков. Самец **колюшки** 532 строит гнездо с выходом и входом и охраняет кладку яиц (рис. 91). Некоторые американские сомы прилепляют икру на брюхо и носят её на себе всё время развития. Некоторые рыбы (**тилапия** 533) вынашивают икру во рту (рис. 92) или даже в желудке. В это время родитель ничего не ест. Вылупившиеся мальки некоторое время держатся вблизи самки (или самца, в зависимости от вида) и при опасности прячутся в рот родителя. Существуют **виды лягушек** 534, у которых икринки развиваются в специальной выводковой сумке на спине (рис. 93) или в голосовых мешках самца. На спине носят оплодотворённые яйца некоторые насекомые (рис. 94).

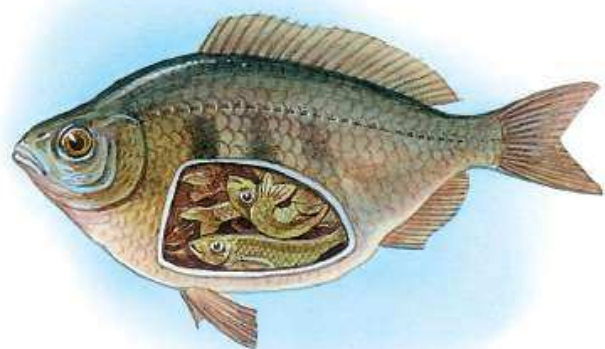


Рис. 95. Живородка

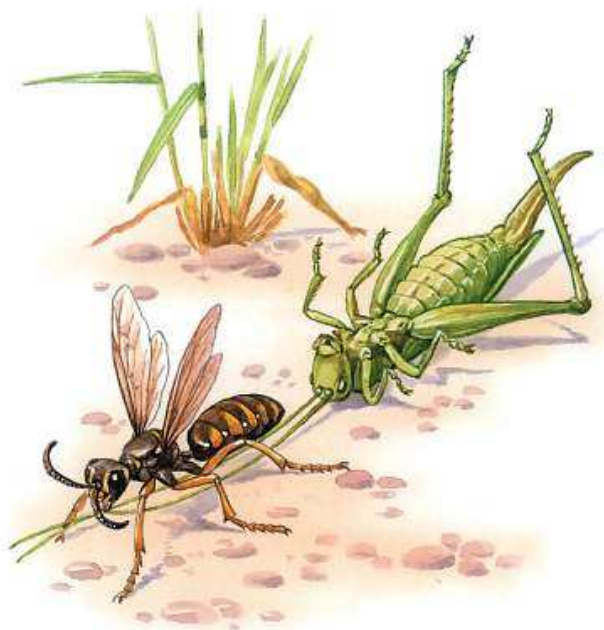


Рис. 96. Одиночная оса ординера тащит в своё гнездо парализованного, но живого кузнечика: будущая личинка обеспечена пищей

Наибольшая безопасность потомства достигается, очевидно, в тех случаях, когда зародыши развиваются в теле матери (рис. 95). Плодовитость при этом (как и при многих других формах заботы о потомстве) снижается, однако сокращение численности потомства компенсируется лучшей выживаемостью молоди.

У членистоногих и низших позвоночных личинки ведут самостоятельный образ жизни и не зависят от родителей. Но в некоторых случаях родители обеспечивают их пищей. Знаменитый французский естествоиспытатель Ж. А. Фабр впервые описал такое поведение у **одиночных перепончатокрылых** 536. Осы нападают на жуков, пауков, сверчков, богомолов, гусениц различных бабочек, обездвиживают их, погружая жало точно в нервные узлы (рис. 96), и откладывают на них яйца. Вылупляющиеся личинки ос обеспечены пищей: они питаются тканями живой жертвы, растут и затем окукливаются.

Описанные примеры заботы о потомстве у членистоногих и низших позвоночных встречаются у очень небольшого числа видов. В большинстве случаев оплодотворённые яйца бывают брошены на произвол судьбы. Именно этим объясняется очень высокая плодовитость беспозвоночных и низших позвоночных животных. Большое число потомков в условиях высокой истребляемости молоди служит средством борьбы за существование вида.



Рис. 97. Синяя мухоловка выкармливает птенцов не только в младенчестве, но и позже, когда они начинают самостоятельно летать

Гораздо более сложные и многообразные формы заботы о потомстве наблюдаются у высших позвоночных. Сложные инстинкты и способность к индивидуальному обучению позволяют им со значительно большим успехом выращивать потомство.



Рис. 98. Бурая медведица обучает медвежат ловле лососей. Молодые медвежата внимательно наблюдают за матерью и вскоре начинают повторять её охотничьи повадки

Так, птицы откладывают яйца в специальные сооружения — гнёзда. Яйца развиваются под влиянием тепла тела родителей и не зависят от случайностей погоды. Гнездо родители теми или иными способами защищают от врагов. Выведенных птенцов не оставляют на произвол судьбы, а длительное время выкармливают и охраняют (рис. 97). Всё это резко повышает эффективность размножения у птиц.

Воспитание и обучение потомства 537. Наивысшей сложности достигают формы поведения у птиц и млекопитающих. Это проявляется и в отношении к детёнышам. Звери не только кормят и защищают своё потомство, но и обучают ловить добычу (рис. 98). Ещё Дарвин отмечал, что хищные звери учат своих детёнышей избегать опасностей, в том числе охотников.

Таким образом, особи с более совершенными формами заботы о потомстве выживают и передают эти черты далее по наследству.



Вопросы для повторения и задания

1. Почему у видов животных, заботящихся о потомстве, число потомков уменьшается? Приведите примеры.
2. Приведите примеры заботы о потомстве, которые вы наблюдали сами в живой природе или у своих домашних животных.
3. Обсудите в классе, зависит ли степень развития заботы о потомстве от продолжительности периода детства, характерного для данного вида.
4. Составьте план параграфа.
5. Сформулируйте основную мысль параграфа.



Работа с дополнительными источниками информации

- **Обратитесь к дополнительным печатным источникам информации** — энциклопедиям, монографиям, периодическим научным изданиям.
- **Обратитесь к электронному приложению**, материалы которого являются дополнительным источником информации, раскрывающим содержание ключевых понятий параграфа. Выполните задания Т109—Т111.
- **Подготовьтесь к следующему уроку.** Используя дополнительные источники информации (книги, статьи, ресурсы сети Интернет и др.), сделайте сообщение по ключевым словам и словосочетаниям следующего параграфа.

38. Физиологические адаптации

Вспомните!

- Морские змеи • Верблюды • Пустынные черепахи
- Линька • Экзотермия • Спячка • Термоизоляция
- Суточная и сезонная активность

Соответствующие форма и окраска тела, целесообразное поведение обеспечивают успех в борьбе за существование только тогда, когда эти признаки сочетаются с приспособленностью процессов жизнедеятельности к условиям обитания, т. е. с **физиологическими адаптациями** 538. Без таких адаптаций невозможно поддержание устойчивого обмена веществ в организме в постоянно колеблющихся условиях внешней среды. Приведём некоторые примеры.

Наземные амфибии много воды теряют через кожу. Однако при этом некоторые их виды проникают даже в пустыни и полупустыни. Выживание амфибий в условиях недостатка влаги здесь обеспечивается целым рядом приспособлений. У них меняется характер активности: она приурочивается к периодам повышенной влажности. В умеренной зоне жабы и лягушки активны ночью и после выпадения дождей. В пустынях лягушки охотятся только ночью, когда влага конденсируется на почве и на растительности, а днём укрываются в норах грызунов. У пустынных видов амфибий, размножающихся во временных водоёмах, личинки развиваются очень быстро и в сжатые сроки совершают метаморфоз.

Разнообразные механизмы физиологической адаптации к неблагоприятным условиям выработали птицы и млекопитающие. Многие пустынные животные перед наступлением засушливого сезона накапливают жир: при его окислении образуется большое количество воды. Птицы и млекопитающие способны регулировать потери воды с поверхности дыхательных путей. Например, верблюд при лишении воды резко сокращает испарение как из дыхательных путей, так и через потовые железы.

У человека плохо регулируется солевой обмен, и поэтому он не может долго обходиться без пресной воды. Но рептилии и птицы, проводящие большую часть жизни в морских просторах и пьющие морскую воду, приобрели специальные желе-



Рис. 99. Морские змеи всю жизнь проводят в море

зы, позволяющие им быстро избавляться от избытка солей (рис. 99).

Очень интересны приспособления, развивающиеся у ныряющих животных. Многие из них могут сравнительно долго обходиться без доступа кислорода. Например, тюлени ныряют на глубину 100—200 и даже 600 м и остаются под водой 40—60 мин. Что позволяет ластоногим нырять на столь длительный срок? Это прежде всего большое количество особого дыхательного пигмента, находящегося в мышцах, — **миоглобина** 540. Миоглобин способен связать в 10 раз больше кислорода, чем гемоглобин, находящийся в эритроцитах.

Путём естественного отбора возникают и совершенствуются приспособления, облегчающие поиск пищи или партнёра для размножения. Поразительны **органы химического чувства насекомых** 541. Самцы непарного шелкопряда улавливают запах ароматической железы самки с расстояния 3 км. У некоторых бабочек чувствительность вкусовых рецепторов в 1000 раз превосходит чувствительность рецепторов человеческого языка. У некоторых змей хорошо развита способность к **термолокации** 542. Они различают на расстоянии объекты, если разница их темпе-

ратур составляет всего 0,2 °С. Многие животные прекрасно ориентируются в пространстве с помощью **эхолокации** 543 (летучие мыши, совы, дельфины).

Таким образом, строение живых организмов очень тонко приспособлено к условиям существования. Любой видовой признак (или свойство) носит приспособительный характер, целесообразен в данной среде, в данных жизненных условиях. Так, например, особенности организации насекомоядных растений приспособлены к ловле и перевариванию насекомых и даже мелких позвоночных (росянка, венерина мухоловка) (см. рис. 136—138).

Приспособления не появляются в готовом виде, а представляют собой результат отбора случайных наследственных изменений, повышающих жизнеспособность организмов в конкретных условиях.

Ни один из приспособительных признаков не обеспечивает абсолютной безопасности для их обладателей. Большинство птиц не трогает ос и пчёл, однако есть среди них виды, которые едят и ос, и пчёл, и их подражателей. Ёж и **птица-секретарь** 544 без всякого вреда для себя поедают змей. Панцирь наземных черепах надёжно защищает их от большинства врагов, но хищные птицы поднимают их в воздух и разбивают о землю.

Любые приспособления «срабатывают» только в обычной для вида обстановке. При изменении условий среды они оказываются бесполезными или даже вредными для организма. Постоянный рост резцов грызунов — очень важная особенность, но лишь при питании твёрдой пищей. Если крысу держать на мягкой пище, резцы её, не изнашиваясь, вырастают до таких размеров, что мешают есть, и зверёк может погибнуть от голода.

Таким образом, любая структура и любая функция являются приспособлением к внешней среде. Эволюционные изменения — образование новых популяций и видов, возникновение или исчезновение органов, усложнение организации — обусловлены развитием приспособлений (адаптаций). Целесообразность живой природы — результат исторического развития видов в определённых условиях, поэтому она всегда относительна и имеет временный характер.



Вопросы для повторения и задания

1. Что такое физиологическая адаптация? Как она возникает и что лежит в её основе?

2. Приведите примеры функциональных приспособительных изменений у животных.
3. Каким образом обитатели пустыни приспосабливаются к отсутствию воды?
4. Используя знания, полученные при изучении курса «Человек и его здоровье», приведите примеры физиологических адаптаций у человека.
5. Как вы считаете, особь или популяция является единицей приспособления? Объясните, почему вы сделали такой вывод.
6. Согласны ли вы с утверждением, что все приспособительные признаки носят относительный характер? Докажите свою точку зрения и приведите примеры.



Работа с дополнительными источниками информации

- **Обратитесь к дополнительным печатным источникам информации** — энциклопедиям, монографиям, периодическим научным изданиям.
- **Обратитесь к электронному приложению**, материалы которого являются дополнительным источником информации, раскрывающим содержание ключевых понятий параграфа. Выполните задания Т112, Т113.
- **Подготовьтесь к следующему уроку.** Используя дополнительные источники информации (книги, статьи, ресурсы сети Интернет и др.), сделайте сообщение по ключевым словам и словосочетаниям следующего параграфа.

Глава

14 Возникновение жизни на Земле

Для того чтобы правильно представить процесс возникновения жизни, необходимо кратко рассмотреть современные взгляды на образование Солнечной системы и положение Земли среди её планет. Эти представления очень важны, так как, несмотря на общность происхождения планет, окружающих Солнце, только на Земле появилась и достигла исключительного разнообразия жизнь.

39. Современные представления о возникновении жизни

Вспомните!

- Земная кора • Ядро Земли • Мантия • Атмосфера • Гидросфера
- Литосфера • Биологические полимеры • Обмен веществ

Земля и другие планеты Солнечной системы образовались из газовой-пылевой облака около 4,5 млрд лет тому назад.

На первых этапах формирования Земли температура была очень высока. По мере остывания планеты тяжёлые соединения перемещались к её центру, а более лёгкие соединения (H_2 , CO_2 , CH_4 и др.) оставались на поверхности. Металлы и другие способные к окислению элементы соединялись с кислородом, поэтому в атмосфере Земли свободного кислорода не было, она состояла из свободного водорода и его соединений (H_2O , CH_4 , NH_3 , HCN).

Компоненты газовой оболочки нашей планеты подвергались воздействию различных источников энергии: жёсткого, близкого к рентгеновскому, ультрафиолетового излучения Солнца, высокой температуры в области грозových разрядов и в районах активной вулканической деятельности и т. д. В результате простейшие компоненты атмосферы вступали во взаимодействие, многократно изменяясь и усложняясь. Возникали молекулы сахаров, аминокислот, азотистые основания, органические кислоты и другие **простейшие органические соединения** 556. (Возможность небиологического синтеза органических соединений доказывается тем, что они обнаружены в космическом пространстве.)

По мере остывания планеты водяные пары, находившиеся в её атмосфере, также остывали, конденсировались и обрушивались на поверхность Земли ливнями. Образовывались огромные водные пространства. Поскольку Земля была ещё достаточно горячей, вода испарялась, а затем, охлаждаясь в верхних слоях атмосферы, вновь выпадала на поверхность планеты в виде дождей. Это продолжалось в течение многих миллионов лет. В водах первичного океана были растворены компоненты атмосферы, различные соли, вымываемые водой из горных пород; формировался **«первичный бульон»** 557. Кроме того, туда постоянно попадали и непрерывно образующиеся в атмосфере простейшие органические соединения — те самые, из которых возникали бо-

более сложные молекулы. В водной среде они объединялись, в результате чего появились первичные органические полимеры — полипептиды и полинуклеотиды.

Следовательно, образование разнообразных органических соединений из неорганических веществ в тех условиях было закономерным процессом **химической эволюции** 558.

Итак, первичный океан, по-видимому, содержал в растворённом виде различные органические и неорганические молекулы, попадающие в него из атмосферы и вымываемые из поверхностных слоёв Земли. Концентрация органических соединений постоянно увеличивалась, и в конце концов вода океана стала «бульоном» из отдельных аминокислот, белковоподобных веществ — пептидов, а также нуклеиновых кислот и других органических соединений.

Молекулы различных веществ объединялись, образовывали многомолекулярные комплексы — **коацерваты** 559, чьё содержимое было отделено от основного раствора. В дальнейшем они приобрели способность поглощать из окружающей среды те вещества, которые обеспечивали их устойчивость, а также выделять наружу некоторые продукты происходящих в них химических превращений. Это уже напоминало простейший обмен веществ между средой и коацерватной каплей.

Дальнейшее усложнение обмена веществ у предбиологических структур могло происходить только в условиях пространственного разделения внутри коацервата различных процессов синтеза и распада, а кроме того, при более надёжной изоляции внутренней среды от внешних воздействий по сравнению с той, которую могла обеспечить водная оболочка. Такую изоляцию могла осуществить лишь мембрана. Вокруг коацерватов, богатых органическими соединениями, возникли слои жиров, или липидов, отделившие их от окружающей водной среды и преобразовавшиеся в ходе дальнейшей эволюции в наружную мембрану.

Появление **элементарной клеточной мембраны** 560, отделяющей содержимое коацервата от окружающей среды и обладающей способностью к избирательной проницаемости, предопределило направление дальнейшей химической эволюции по пути развития всё более совершенных саморегулирующихся систем, вплоть до возникновения **первых примитивно устроенных клеток** 561.

Появление первых клеточных организмов положило начало **биологической эволюции** 562.



Эволюция структур, предшествовавших биологическим, таких как коацерваты, началась очень рано — около 4 млрд 250 млн лет назад и протекала в течение длительного времени: понадобилось около миллиарда лет, чтобы из них возникли первые простейшие клеточные организмы. Их удалось обнаружить в породах, возраст которых составляет около 3,8 млрд лет.



Вопросы для повторения и задания

1. Какие химические элементы и их соединения были в первичной атмосфере Земли?
2. Укажите условия, необходимые для абиогенного образования органических соединений.
3. Какие соединения были растворены в водах первичного океана?
4. Что такое коацерваты?
5. В чём сущность химической эволюции на ранних этапах существования Земли?
6. Почему формирование липидной мембраны вокруг коацерватов предопределило дальнейшее возникновение клетки?
7. Когда на Земле появились первые клеточные организмы?
8. Какие вам известны иные гипотезы происхождения жизни на нашей планете?
9. Подготовьтесь к конференции на тему «Гипотезы происхождения жизни на Земле», выбрав для себя определённую роль (защитника одной из гипотез, журналиста, ведущего конференции и др.).



Работа с дополнительными источниками информации

- **Обратитесь к дополнительным печатным источникам информации** — энциклопедиям, монографиям, периодическим научным изданиям.
- **Обратитесь к электронному приложению**, материалы которого являются дополнительным источником информации, раскрывающим содержание ключевых понятий параграфа. Выполните задания Т116, Т117.
- **Подготовьтесь к следующему уроку.** Используя дополнительные источники информации (книги, статьи, ресурсы сети Интернет и др.), сделайте сообщение по ключевым словам и словосочетаниям следующего параграфа.

40. Начальные этапы развития жизни

Вспомните!

- Бактерии • Синезелёные водоросли • Кислород
- Диоксид углерода • Озон

У первых одноклеточных организмов — **прокариот** 563 — наследственный материал не был окружён мембраной, а находился прямо в цитоплазме. Они были **гетеротрофами** 564, т. е. использовали в качестве источника энергии (пищи) органические соединения, растворённые в водах первичного океана. Поскольку в атмосфере Земли свободного кислорода не было, они были **анаэробами** 565, т. е. обладали бескислородным типом обмена, эффективность которого невелика.

Появление большого количества гетеротрофов приводило к истощению вод первичного океана: в нём оставалось всё меньше готовых органических веществ. По этой причине преимущество получили организмы, приобретшие способность использовать для синтеза органических веществ из неорганических энергию света. Так возник **фотосинтез** 568. Это привело к появлению принципиально нового источника питания. Существующие ныне анаэробные серные пурпурные бактерии на свету окисляют сероводород до сульфатов. Высвобождающийся в результате реакции водород используется для восстановления диоксида углерода до углеводов. Первые организмы могли синтезировать необходимые для своего существования органические вещества таким же способом. Так появились **автотрофные организмы** 566. Однако кислород в процессе такого фотосинтеза не выделяется. Долгое время фотосинтезирующие бактерии существовали в бескислородной среде.

Следующим шагом эволюции было приобретение фотосинтезирующими организмами способности в качестве источника водорода использовать воду. Автотрофное усвоение CO_2 такими организмами сопровождалось выделением O_2 . С тех пор в атмосфере Земли постепенно накапливался кислород. По геологическим данным, свободный кислород в небольшом количестве имелся в атмосфере Земли уже 2,7 млрд лет назад. Первыми фотосинтезирующими организмами, выделяющими в атмосферу O_2 , были синезелёные водоросли (**цианобактерии** 569).

Переход от первичной восстановительной атмосферы к среде, содержащей кислород, представляет собой важнейшее событие как в эволюции живых существ, так и в преобразовании минералов. Во-первых, кислород, выделяющийся в атмосферу, в верхних её слоях под действием мощного ультрафиолетового излучения Солнца превращается в активный **озон** 570 (O_3), который способен поглощать большую часть жёстких коротковолновых ультрафиолетовых лучей, разрушительно действующих на сложные органические соединения. Во-вторых, в присутствии свободного кислорода возможно появление энергетически более выгодного кислородного типа обмена веществ, — возникают **аэробные организмы** 571. Таким образом, два фактора, обусловленных образованием на Земле свободного кислорода, вызвали к жизни многочисленные новые формы живых организмов, более широко использующих окружающую среду.

Со временем в результате взаимополезного сосуществования (*симбиоза*) различных прокариот возникли **эукариоты** 572, обладающие различными органоидами (рис. 100). Большинство эукариот имеют диплоидный, или двойной, набор всех наследственных задатков — генов, т. е. каждый из генов представлен в двух вариантах. Появление такого двойного набора генов увеличило генетическое разнообразие потомков, образующихся в результате полового размножения.

Появление на рубеже архейской и протерозойской эр полового процесса привело к значительному увеличению разнообра-

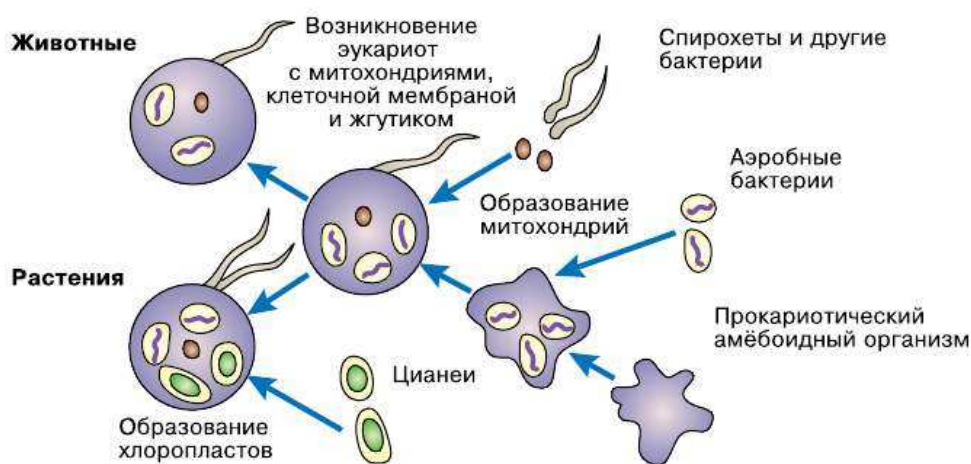


Рис. 100. Схема симбиотического возникновения эукариот

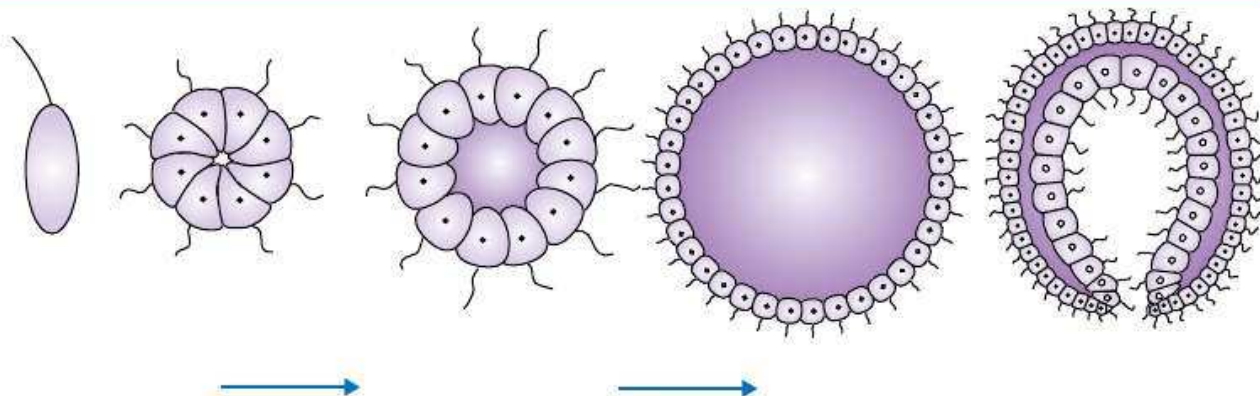


Рис. 102. Схема образования многоклеточного организма

щеварительную и покровную произошла в результате впячивания группы клеток внутрь колонии (рис. 102).

Дальнейшая эволюция многоклеточных организмов животных и растений привела к появлению многообразных форм живого.

Таким образом, возникновению жизни на Земле предшествовал длительный процесс химической эволюции. Формирование мембраны — структуры, отграничивающей организм от окружающей среды, с присущими ей свойствами способствовало появлению живых организмов и ознаменовало начало биологической эволюции. Как простейшие живые организмы, возникшие около 3 млрд лет назад, так и более сложно устроенные в основе своей структурной организации имеют клетку. Следовательно, *клетка является единицей строения всех живых организмов вне зависимости от уровня их организации.*



Вопросы для повторения и задания

1. Как питались первые живые организмы?
2. Что такое фотосинтез? Какую роль в развитии жизни на Земле сыграло его появление?
3. Как использование воды в процессах фотосинтеза повлияло на биологическую эволюцию?
4. Какие организмы впервые стали выделять в атмосферу свободный кислород?
5. Строение каких организмов эукариотической клетки доказывает симбиотическое происхождение эукариот? Докажите свою точку зрения.

6. Какое значение для эволюции имело появление полового процесса?
7. Составьте план параграфа, обозначьте основные события, происходившие на начальном этапе развития жизни.



Работа с дополнительными источниками информации

- **Обратитесь к дополнительным печатным источникам информации** — энциклопедиям, монографиям, периодическим научным изданиям.
- **Обратитесь к электронному приложению**, материалы которого являются дополнительным источником информации, раскрывающим содержание ключевых понятий параграфа. Выполните задания Т118—Т120.
- **Подготовьтесь к следующему уроку.** Используя дополнительные источники информации (книги, статьи, ресурсы сети Интернет и др.), сделайте сообщение по ключевым словам и словосочетаниям следующего параграфа.

Глава

15

Развитие жизни на Земле

В истории Земли принято различать промежутки времени, разделённые крупными геологическими событиями: горообразовательными процессами, поднятием и опусканием суши, изменением очертаний материков, уровня океанов. Движения и разломы земной коры сопровождались усиленной вулканической деятельностью, выбросом в атмосферу громадного количества газов и пепла. Понижение прозрачности атмосферы уменьшало количество солнечной радиации, попадающее на Землю, и было одной из причин развития оледенений. Не случайно горообразовательные процессы сопровождались оледенениями. Грандиозные ледниковые щиты, покрывавшие поверхность Земли, значительно изменяли климатические условия и тем самым оказывали глубокое влияние на растительный и животный мир. Одни группы организмов вымирали, другие сохранялись и в межледниковые эпохи достигали расцвета.

41. Жизнь в архейскую и протерозойскую эры

Вспомните!

- Гетеротрофы • Фотосинтез • Половое размножение
- Многоклеточность • Почвообразование

В **архейскую эру** 577 — эру древнейшей жизни, которая началась 3,5 млрд лет назад и продолжалась 900 млн лет, возникли первые живые организмы. Они были **анаэробными гетеротрофами** 578 и в качестве пищи использовали органические соединения «первичного бульона».

Важнейший этап эволюции жизни на Земле связан с возникновением **кислородного фотосинтеза** 580, что обусловило разделение органического мира на растительный и животный. Первыми фотосинтезирующими организмами были прокариотические синезелёные водоросли — цианеи. Цианеи и появившиеся затем эукариотические зелёные водоросли выделяли в атмосферу из океана свободный кислород, что способствовало возникновению бактерий, способных жить в аэробной среде. По-видимому, в это же время — на границе архейской и протерозойской эр — произошло ещё два крупных эволюционных события: появились *половой процесс* и *многоклеточность*.

Половой процесс резко повышает возможность приспособления к условиям среды вследствие создания бесчисленных комбинаций генов и хромосом в последующих поколениях. *Диплоидность* (двойной набор хромосом) позволяет сохранять рецессивные мутации в гетерозиготном состоянии и использовать их как резерв наследственной изменчивости для дальнейших эволюционных преобразований. Кроме того, в гетерозиготном состоянии многие мутации часто повышают жизнеспособность особей и, следовательно, увеличивают их шансы в борьбе за существование. Возникновение диплоидности и генетического разнообразия одноклеточных эукариот обусловило, с одной стороны, неоднородность строения клеток и их объединение в колонии, с другой — возможность «разделения труда» между клетками колонии, т. е. образование многоклеточных организмов.

Разделение функций клеток у первых колониальных многоклеточных организмов привело к образованию эктодермы, энтодермы и мезодермы, дифференцированных по структуре в зависимости от выполняемой функции. Дальнейшая дифференцировка создала необыкновенное разнообразие клеточных типов, необходимое для расширения структурных и функциональных возможностей организма в целом, в результате чего создавались всё более сложные органы. Совершенствование взаимодействия между клетками — сначала контактного, а затем опосредованного с помощью регуляторных систем — нервной и эндокринной — обеспечило существование многоклеточного организма как единого целого со сложным и тонким взаимодействием его частей и соответствующим реагированием на окружающую среду.

Пути эволюционных преобразований первых многоклеточных 581 были различны. Некоторые перешли к сидячему образу жизни и превратились в организмы типа губок. Другие стали ползать, перемещаться по субстрату с помощью ресничек. От них произошли плоские черви. Третьи сохранили плавающий образ жизни, приобрели рот и дали начало кишечнополостным (рис. 103).

В **протерозойскую эру** 582, эру ранней жизни, которая началась 2 млрд 600 млн лет назад и продолжалась 2 млрд лет, в морях уже обитало много разнообразных водорослей, в том числе прикрепленных ко дну. Суша была безжизненной, но по берегам водоёмов в результате деятельности бактерий и микроскопических водорослей начались почвообразовательные процессы.

Начальные звенья эволюции животных не сохранились. В протерозойских отложениях находят представителей вполне сформировавшихся **типов животных** 583: губок, кишечнополостных, членистоногих.



Вопросы для повторения и задания

1. По какому принципу историю Земли делят на эры и периоды?
2. Когда возникли первые живые организмы?
3. Какие организмы жили в протерозойскую эру?
4. Составьте список крупнейших эволюционных событий протерозойской эры.
5. Почему образование клетками колоний биологически выгодно?
6. Вследствие какого события произошло разделение живого мира на растительный и животный?

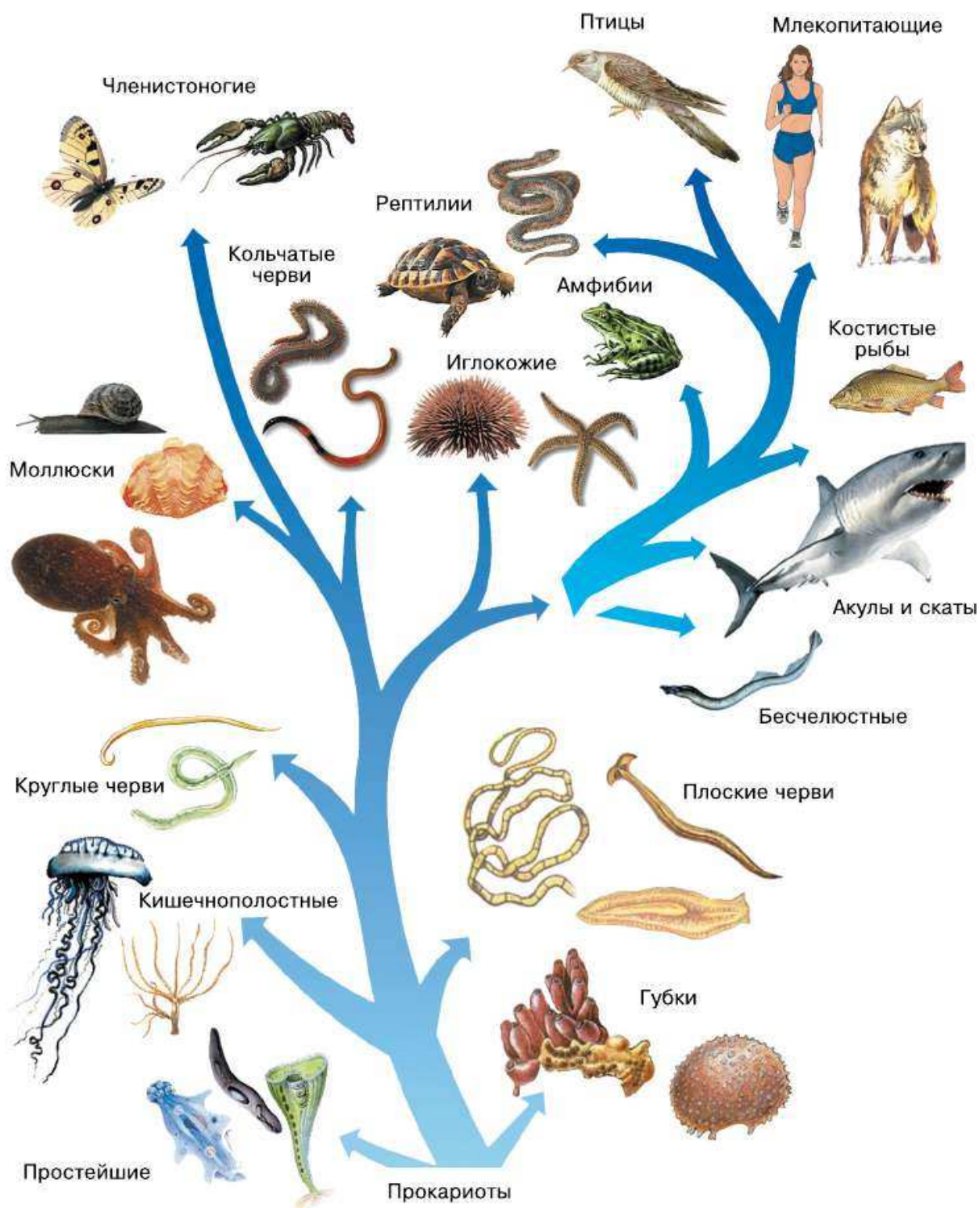


Рис. 103. Филогенетическое древо животного мира, построенное в соответствии с эволюционной теорией

7. Объясните, почему в геологических отложениях невозможно найти доказательства существования жизни в архейскую эру.



Работа с дополнительными источниками информации

- **Обратитесь к дополнительным печатным источникам информации** — энциклопедиям, монографиям, периодическим научным изданиям.
- **Обратитесь к электронному приложению**, материалы которого являются дополнительным источником информации, раскрывающим содержание ключевых понятий параграфа. Выполните задания Т121, Т122.
- **Подготовьтесь к следующему уроку.** Используя дополнительные источники информации (книги, статьи, ресурсы сети Интернет и др.), сделайте сообщение по ключевым словам и словосочетаниям следующего параграфа.

42. Жизнь в палеозойскую эру

Вспомните!

- Псилофиты • Хвои • Плауны • Папоротникообразные
- Голосеменные растения • Семенное размножение
- Ротовой аппарат хватательного типа • Парные плавники
- Членистоногие • Кистепёрые рыбы • Двоякодышащие рыбы
- Лучепёрые рыбы • Стегоцефалы • Рептилии

В начале **палеозойской эры** 584, 585 (эры древней жизни) растения населяют в основном моря, но спустя много миллионов лет, в силуре, появляются **первые наземные растения** — **риниофиты** 586 (рис. 104), занимающие промежуточное положение между водорослями и наземными сосудистыми растениями. Псилофиты уже имели слабодифференцированные ткани, способные проводить воду и органические вещества, и могли укрепляться в почве, хотя настоящие корни (как и настоящие побеги) у них ещё отсутствовали. Такие растения могли существовать только во влажном климате, при установлении засушливых условий псилофиты исчезли. Однако они дали начало более приспособленным наземным растениям.

Дальнейшая эволюция растений на суше шла в направлении расчленения тела на вегетативные органы и ткани, совершенствования сосудистой системы (обеспечивающей быстрое передви-

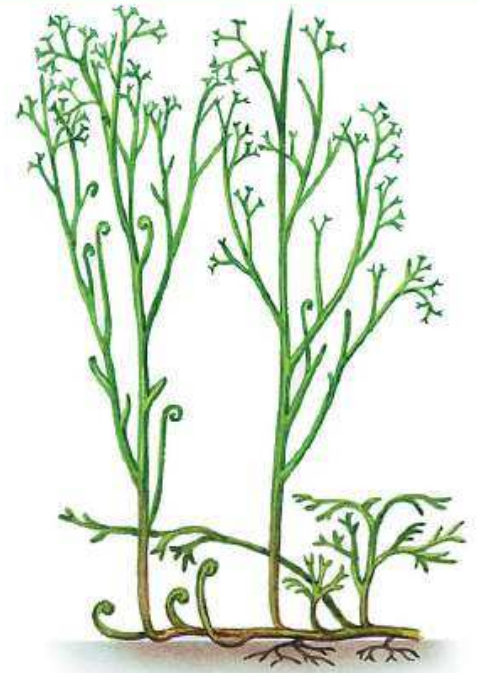


Рис. 104. Первые наземные растения — риниофиты. Для этих растений характерна слабая дифференцировка на ткани и органы

жение воды на большую высоту). Широко распространяются споровые растения (**хвощи** 587, **плауны** 588, **папоротниковидные** 589).

Ещё большего развития наземная растительность достигает в *каменноугольном периоде*, характеризующемся влажным и тёплым климатом на протяжении всего года. Появляются **голосеменные растения** 591, произошедшие от **семенных папоротников** 590. Переход к семенному размножению дал растениям много преимуществ: зародыш в семени защищён от неблагоприятных условий оболочками и обеспечен пищей. У части голосеменных (хвойных) процесс полового размножения уже не связан с водой. Опыление у голосеменных осуществляется ветром, а семена снабжены приспособлениями для распространения животными. Всё это способствовало расселению семенных растений. Крупные споровые растения вымирают в следующем — *пермском — периоде* (примерно 300—350 млн лет назад) в связи со значительным иссушением и похолоданием климата.

Животный мир в палеозойскую эру развивался чрезвычайно бурно и был представлен большим количеством разнообразных форм. Пышного расцвета достигла жизнь в морях. В самом начале этой эры (570 млн лет назад) уже существовали все основные типы животных, кроме хордовых. Губки, кораллы, иглокожие, моллюски, громадные хищные **ракоскорпионы** 592, **трилобиты** 593 — вот неполный перечень обитателей морей того времени.

В дальнейшем продолжалось совершенствование и специализация основных типов. В геологических отложениях обнаружены остатки животных, имевших внутренний осевой скелет, — **бесчелюстных** 595 позвоночных, отдалёнными потомками которых являются современные **миноги и миксины** 596. Их жаберные дуги в ходе дальнейшей эволюции превратились в челюсти, усаженные зубами. Жаберная мускулатура преобразовалась в челюстную и подъязычную. Так на основе существующих структур, служивших опорой органов дыхания, возник ротовой аппарат хватательного типа.

Крупный ароморфоз — появление хватательного ротового аппарата — вызвал перестройку всей организации позвоночных. Возможность выбирать пищу способствовала улучшению ориентации в пространстве путём совершенствования органов чувств. Первые **челюстноротые** 597 не имели плавников и передвигались в воде, змееподобно извиваясь. Однако этот способ передвижения при необходимости поймать движущуюся добычу оказался неэффективным. Поэтому приобрели особое значение кожные складки. В процессе эволюции определённые участки этих складок развивались и дали начало плавникам, парным и непарным. С увеличением размеров складок потребовался скелет для их укрепления. Скелет возник в виде ряда хрящевых (затем костных) лучей. Очень важно, что хрящевые лучи оказались связанными между собой пластинкой, тянущейся под кожей вдоль основания плавников. Она дала начало поясу конечностей (рис. 105). Таким образом, складки превратились в парные грудные и брюшные плавники, средняя часть складки редуцировалась.

Появление парных конечностей — плавников — следующий крупный ароморфоз в эволюции позвоночных.

Итак, челюстноротые позвоночные приобрели хватательный ротовой аппарат и конечности. В своей эволюции они разделились на **хрящевых и костных рыб** 598.

В силурском периоде палеозойской эры на сушу вместе с первыми наземными растениями — риниофитами вышли первые дышащие воздухом животные — членистоногие (паукообразные). В девонском периоде в водоёмах продолжалось бурное развитие низших позвоночных.

Когда затем на Земле установился засушливый климат, позвоночные были представлены тремя группами: **двоякодышащими** 599, **лучепёрыми** 600 и **кистепёрыми рыбами** 601. В это

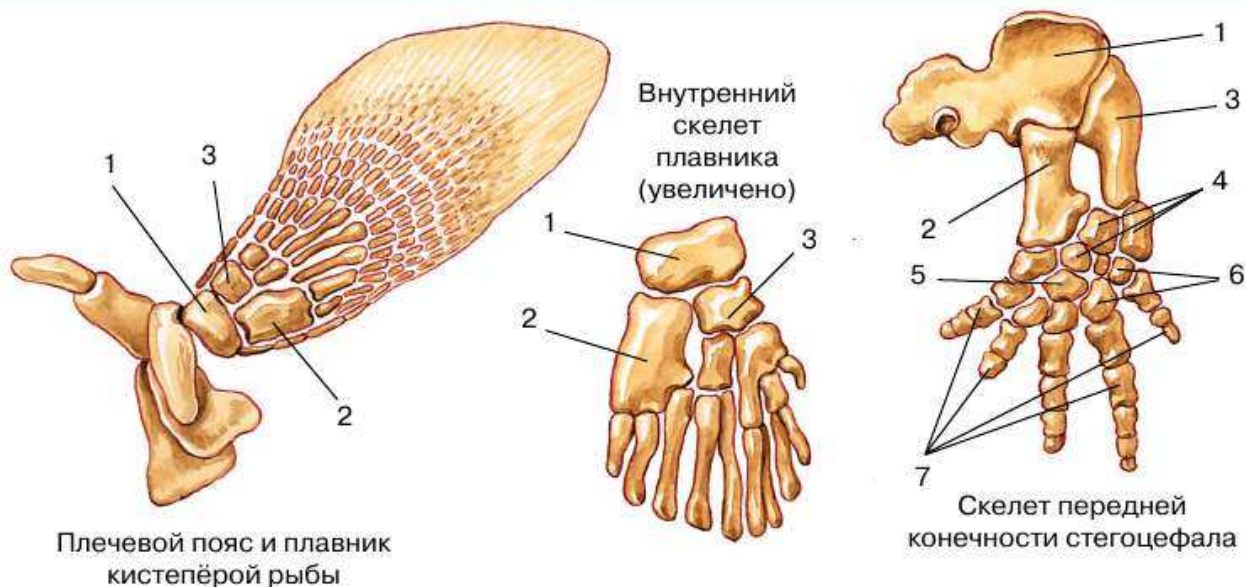


Рис. 105. Скелет парного плавника кистепёрый рыбы и передней конечности стегоцефала: 1 — элемент, гомологичный плечевой кости; 2 — элемент, гомологичный лучевой кости; 3 — элемент, гомологичный локтевой кости; 4—6 — кости запястья; 7 — фаланги пальцев

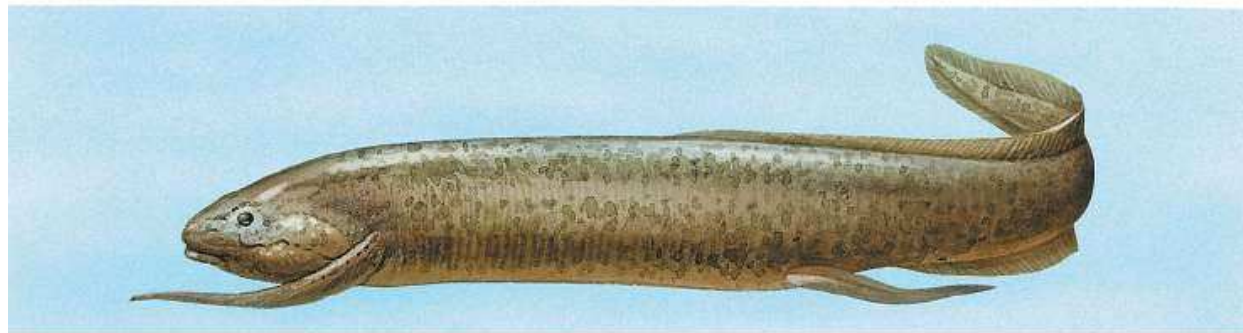
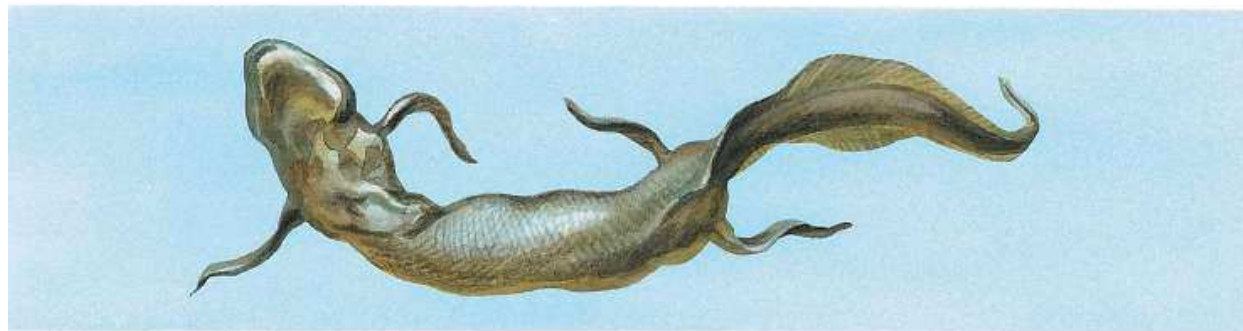
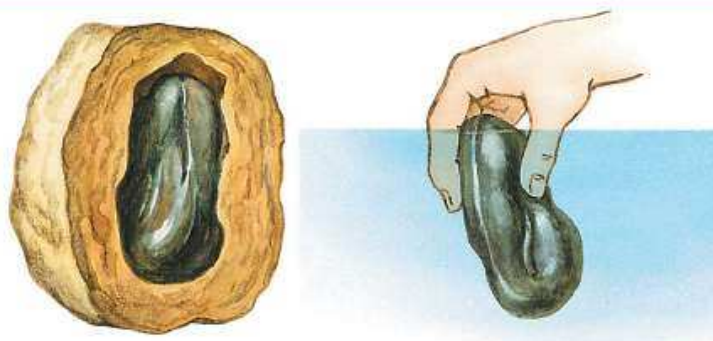
же время появились **первые насекомые** 602 — кормовая база для будущих наземных позвоночных.

Чтобы понять дальнейшую эволюцию рыб, необходимо представить климатические условия в *девонском периоде*. Большая часть суши была безжизненной пустыней. По берегам пресноводных водоёмов в густых зарослях растений обитали кольчатые черви, членистоногие. Климат сухой, с резкими колебаниями температуры в течение суток и по сезонам. Уровень воды в реках и водоёмах часто менялся. Многие водоёмы полностью высыхали, зимой промерзали. Водная растительность при пересыхании водоёмов гибла, накапливались растительные остатки. На их разложение расходовался кислород, растворённый в воде. Всё это создавало очень неблагоприятную среду для рыб. В этих условиях их могло спасти только дыхание атмосферным воздухом.

Кистепёрые рыбы были водными животными, но могли дышать атмосферным воздухом с помощью примитивных лёгких, представлявших собой выпячивания стенки кишки.

Таким образом, возникновение лёгких можно рассматривать как идиоадаптацию к недостатку кислорода в воде. При пересыхании водоёмов у животных было два пути спасения: зарывание в ил или миграция в поисках воды. По первому пути пошли *двойкоды-*

Рис. 106. Оживление протоптера при помещении кокона в воду. Вверху слева изображён кокон протоптера, возникающий при пересыхании водоёма



шащие рыбы, строение которых почти не изменилось со времени девона; они и сейчас обитают в мелких пересыхающих водоёмах Африки (рис. 106). Эти рыбы переживают засушливое время года, зарываясь в ил и дыша атмосферным воздухом. *Лучепёрые рыбы*, имевшие плавники, поддерживаемые костными лучами, сохранились в постоянных водоёмах, широко распространились и сейчас составляют самый большой по числу видов класс позвоночных. Приспособиться к жизни на суше смогли только кистепёрые рыбы. Их плавники имели вид лопастей, состоящих из отдельных костей с прикреплёнными к ним мышцами (см. рис. 105). С помощью плавников эти крупные, от полутора до нескольких метров в длину, животные могли ползать по дну и даже перебираться из одного водоёма в другой. Они имели две основные предпосылки для перехода в наземную среду обитания: мускулистые конечности и лёгкое. В конце девона кистепёрые рыбы дали начало первым земноводным животным — *стегоцефалам* 603 (рис. 107).

Для приспособления к жизни на суше потребовалась коренная перестройка всей организации животных. Конечность из цельной упругой пластинки преобразуется в систему рычагов с суставами. Наибольшая нагрузка падает на пояс задних конечностей, который становится значительно более мощным. Конечности удлиняются, особенно задние. Между позвонками развиваются суставы. Появляются слёзные железы, подвижные веки, мышцы, втягивающие глаза внутрь орбиты; всё это защищает роговицу глаза от высыхания. Боковые сегменты мышц туловища разделяются на большое число отдельных мышц, прикрепляющихся к разным частям скелета. Движение по суше связано с необходимостью увеличения подвижности головы, вследствие чего у наземных позвоночных череп обособляется от костей плечевого пояса. Бóльшая подвижность конечностей сопровождается отделением мышц плечевого пояса от боковых мышц тела и сильным развитием брюшных мышц.

На протяжении *каменноугольного периода* стегоцефалы жили, питались и размножались в воде. Они выползали на сушу, но не совершали значительных миграций. Стегоцефалы разделились (дивергировали) на большое число форм — от крупных рыбоядных хищников до мелких, питавшихся беспозвоночными. На суше у стегоцефалов не было врагов и имелся обильный корм — черви, членистоногие, достигавшие крупных размеров (см. рис. 107). Многие группы земноводных переходили к жизни на суше и возвращались в воду только для размножения.

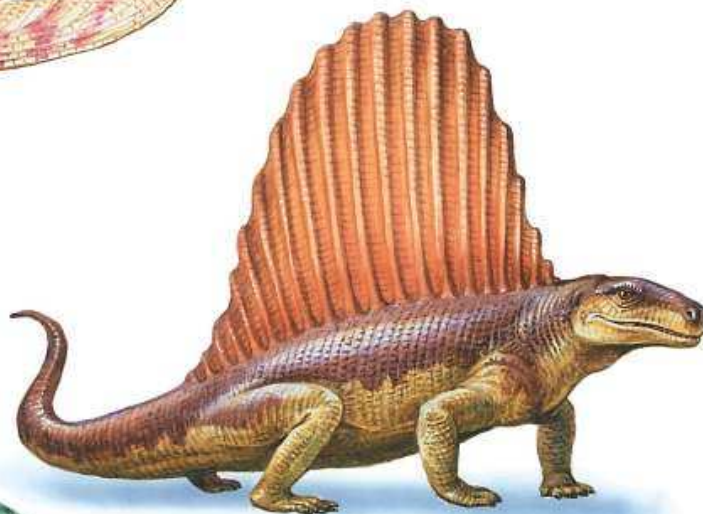
В конце палеозойской эры происходило поднятие суши, а климат становился суше и холоднее. Амфибии вымерли как из-за ухудшения климатических условий, так и вследствие истребления подвижными хищными рептилиями. Ещё в каменноугольном периоде палеозойской эры среди стегоцефалов выделилась группа, имевшая хорошо развитые конечности и подвижную систему двух первых позвонков. Представители этой группы размножались в воде, но уходили по суше дальше амфибий, питались наземными животными, а затем и растениями. В дальнейшем именно от них произошли рептилии и млекопитающие.

Древние рептилии ● 604 (*пресмыкающиеся*) приобрели некоторые свойства, позволившие им окончательно порвать связь с водной средой обитания. Внутреннее оплодотворение и накопление желтка в яйцеклетке сделали возможным размножение и развитие зародыша на суше. Ороговение кожи и более сложное





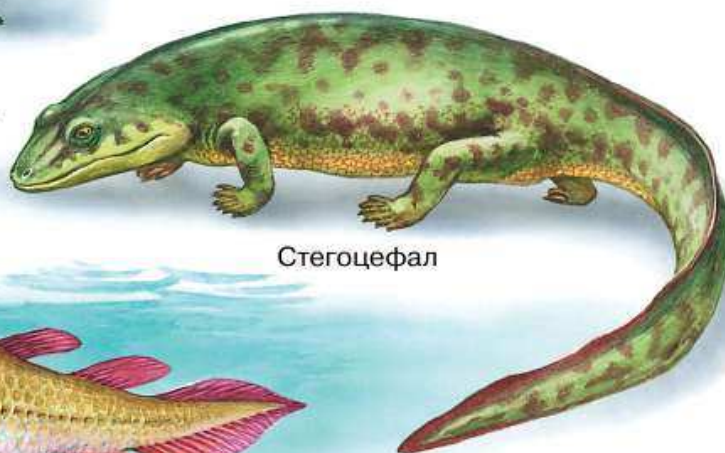
Гигантское
стрекозоподобное
насекомое



Древнейшее пресмыкающееся —
диметродон



Древнейшее пресмыкающееся —
предок крокодила



Стегоцефал



Двоякодышащая рыба

Рис. 107. Животные палеозойской эры

строение почки способствовали резкому уменьшению потерь воды организмом и, как следствие, широкому расселению. Возникновение грудной клетки обеспечило более эффективный, чем у амфибий, тип дыхания — всасывающий. Отсутствие конкуренции вызвало широкое распространение рептилий на суше и возвращение некоторых из них — **ихтиозавров** 605 — в водную среду.



Вопросы для повторения и задания

1. Когда появились первые наземные растения? Как они назывались и какие отличительные особенности имели?
2. В каком направлении шла эволюция растений на суше?
3. Какие эволюционные преимущества даёт переход растений к семенному размножению?
4. Охарактеризуйте животный мир палеозоя.
5. Назовите основные ароморфозы в эволюции позвоночных в палеозое.
6. Какие условия внешней среды и особенности строения позвоночных животных послужили предпосылками их выхода на сушу?
7. Почему земноводные каменноугольного периода достигли биологического процветания?
8. Сведите информацию, полученную из данного параграфа, в единую таблицу «Эволюция растительного и животного мира в палеозойскую эру».
9. Приведите примеры взаимосвязи эволюционных преобразований растений и животных в палеозое.
10. Можно ли утверждать, что в основе ароморфозов лежат идиоадаптации — частные приспособления к конкретным условиям внешней среды? Приведите примеры.

Работа с дополнительными источниками информации

- **Обратитесь к дополнительным печатным источникам информации** — энциклопедиям, монографиям, периодическим научным изданиям.
- **Обратитесь к электронному приложению**, материалы которого являются дополнительным источником информации, раскрывающим содержание ключевых понятий параграфа. Выполните задания Т123—Т125.
- **Подготовьтесь к следующему уроку.** Используя дополнительные источники информации (книги, статьи, ресурсы сети Интернет и др.), сделайте сообщение по ключевым словам и словосочетаниям следующего параграфа.

43. Жизнь в мезозойскую эру

Вспомните!

- Покрытосеменные растения • Цветок
- Двойное оплодотворение • Эндосперм • Динозавры • Птицы
- Млекопитающие • Теплокровность • Кора головного мозга
- Условные рефлексы • Забота о потомстве

Около 240 млн лет назад наступила следующая, **мезозойская эра** 606, 607 развития жизни на Земле. В это время происходили интенсивные горообразовательные процессы. Появились Урал, Тянь-Шань, Алтай. На большей части земного шара установился тёплый климат, близкий к современному тропическому. К концу мезозойской эры зона сухих климатических условий расширилась, сократились площади морей и океанов.

Вымерли гигантские папоротники, древовидные хвощи, плауны; достигли расцвета голосеменные, и появились первые покрытосеменные (цветковые) растения, постепенно распространившиеся на все материки. Это было обусловлено рядом их преимуществ в борьбе за существование: покрытосеменные имеют сильно развитую проводящую систему, цветок привлекает насекомых-опылителей, что обеспечивает надёжность перекрёстного опыления, зародыш снабжён запасами пищи (благодаря двойному оплодотворению развивается триплоидный эндосперм) и защищён оболочками и т. д.

В животном мире достигли расцвета насекомые и рептилии. Рептилии заняли господствующее положение и были представлены большим числом форм (рис. 108). Они захватили все среды обитания, появились даже летающие ящеры — **птерозавры** 608. Особого разнообразия в это время достигла ныне полностью вымершая группа **динозавров** 609. В конце мезозойской эры началась параллельная эволюция цветковых растений и насекомых-опылителей.

Мезозойская эра завершилась новыми горообразовательными процессами. Возникли Альпы, Анды, Гималаи. Наступило похолодание, сократился ареал околводной растительности. В морях вымерли многие формы беспозвоночных и морские ящеры. На суше вымерли растительноядные, а за ними — хищные динозавры. Крупные рептилии (крокодилы) сохранились лишь в тропическом поясе. Вследствие вымирания хищных рептилий, на фоне резких изменений климата, наиболее при-

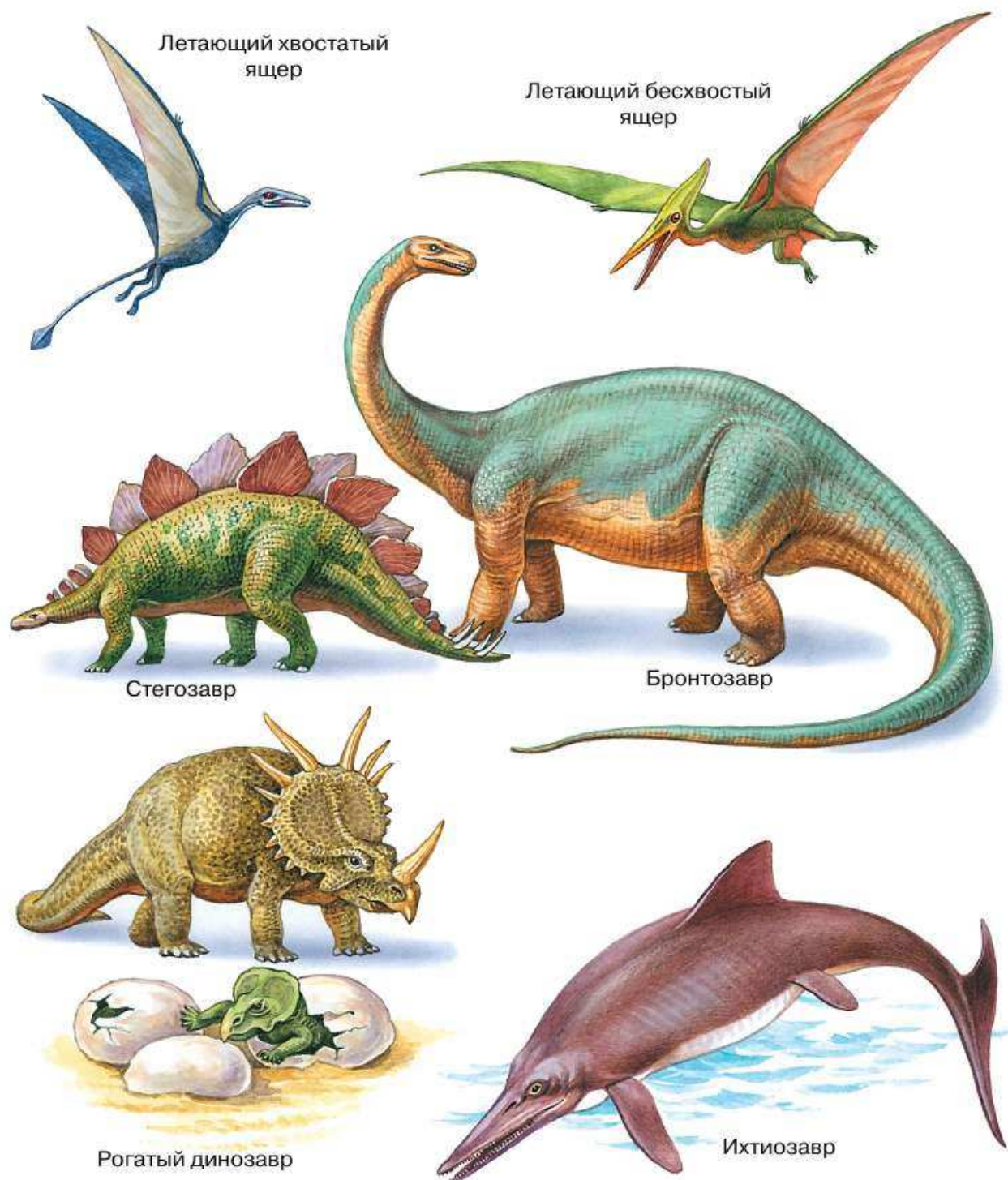


Рис. 108. Пресмыкающиеся мезозойской эры

способленными оказались теплокровные животные — птицы и млекопитающие.

Птицы произошли от вполне сформированных рептилий — **архозавров** 610. Возникновение птиц сопровождалось появ-



Вопросы для повторения и задания

1. Когда появились цветковые растения? Укажите их эволюционные преимущества.
2. Какие ароморфозы привели к возникновению пресмыкающихся?
3. Когда и вследствие каких ароморфозов возникли млекопитающие? Какие животные были их предками?
4. Приведите примеры взаимосвязи эволюционных преобразований растений и животных в мезозое.
5. Сведите информацию, полученную из данного параграфа, в единую таблицу «Эволюция растительного и животного мира в мезозойскую эру».
6. В какой мере эволюция жизни на Земле зависит от геологических процессов и изменений климата? Приведите примеры из событий мезозойской эры.
7. Выполните лабораторную работу «Изучение палеонтологических доказательств эволюции».



Работа с дополнительными источниками информации

- **Обратитесь к дополнительным печатным источникам информации** — энциклопедиям, монографиям, периодическим научным изданиям.
- **Обратитесь к электронному приложению**, материалы которого являются дополнительным источником информации, раскрывающим содержание ключевых понятий параграфа. Выполните задания Т126—Т128.
- **Подготовьтесь к следующему уроку.** Используя дополнительные источники информации (книги, статьи, ресурсы сети Интернет и др.), сделайте сообщение по ключевым словам и словосочетаниям следующего параграфа.

44. Жизнь в кайнозойскую эру

Вспомните!

- *Ледниковый период* • *Сумчатые млекопитающие*
- *Плацентарные млекопитающие* • *Мамонты*

В начале **кайнозойской эры** 613 (эры новой жизни) завершились горообразовательные процессы, начавшиеся в конце мезозоя. Обособились Средиземное, Чёрное, Каспийское и Аральское моря. Установился ровный тёплый климат. На севере преоб-

ладали хвойные, на юге — растительность тёплого и умеренного климата. Вся Европа была покрыта лесами, состоящими из дуба, берёзы, сосны, каштана и др. В тропиках росли фикусы, лавровые, гвоздичные, эвкалипты и др.

Примерно 2—3 млн лет назад наступило оледенение значительной части Земли. Ледяной покров доходил в среднем до 57° с. ш., а в отдельных районах достигал 40° с. ш. Теплолюбивая растительность отступила на юг или вымерла, появилась холодоустойчивая травянистая и кустарниковая растительность, на больших территориях леса сменились степью, полупустыней и пустыней. Шло формирование современных растительных сообществ.

В течение кайнозойской эры продолжалось развитие животного мира. Увеличивалось многообразие насекомых, появлялись новые виды птиц и очень быстро развивались млекопитающие.

Млекопитающие были представлены **тремя подклассами** 614 : однопроходными (утконос и ехидна), сумчатыми и плацентарными. Однопроходные возникли от звероподобных рептилий раньше и независимо от других млекопитающих. Сумчатые и плацентарные млекопитающие произошли от общего предка в конце мезозойской эры и сосуществовали до начала кайнозойской эры, когда наступил «взрыв» в эволюции плацентарных, в результате которого они вытеснили сумчатых с большинства континентов.

Наиболее примитивными были насекомоядные млекопитающие, от которых произошли первые хищные и приматы. Древние хищные дали начало копытным. Около 30—40 млн лет назад млекопитающие начали завоёвывать море (китообразные, ластоногие и др.). К середине кайнозойской эры встречались уже все современные семейства млекопитающих. Одна из групп обезьян — австралопитеки — стала родоначальницей ветви, ведущей к роду Человек.

Оледенения 615 , происходившие на протяжении кайнозойской эры и достигшие максимального распространения около 250 тыс. лет назад, способствовали развитию холодоустойчивой фауны. На Северном Кавказе и в Крыму встречались мамонты, шерстистые носороги, северные олени, песцы, полярные куропатки. Образование больших масс льда вызвало понижение уровня Мирового океана. Это понижение в разные периоды составляло 85—120 м по сравнению с современным. В результате обнажи-

лись материковые отмели Северной Америки и Северной Евразии и появились **сухопутные «мосты»** 616, соединявшие Североамериканский континент с Евразийским (на месте нынешнего Берингова пролива), Британские острова с Европой и т. д. По таким «мостам» происходила миграция видов, приведшая к формированию современной нам фауны материков. Изменения климата 1,5—2 млн лет назад оказали решающее влияние на эволюцию предков человека.



Вопросы для повторения и задания

1. Укажите основные различия фауны и флоры на Земле в мезозойскую и кайнозойскую эры.
2. Охарактеризуйте основные направления развития растений и животных в кайнозое.
3. Чем обусловлены колебания климата на Земле?
4. Как вы думаете, каково значение оледенений в эволюции наземной растительности?
5. Какая группа животных дала начало ветви, ведущей к человеку?
6. В какой мере эволюция жизни на Земле зависит от геологических процессов и изменений климата? Приведите примеры из событий кайнозойской эры.
7. Вместе с учителем и одноклассниками проведите экскурсию в краеведческий музей или на геологическое обнажение. Подготовьте отчёт по результатам экскурсии. Обсудите его в классе.



Работа с дополнительными источниками информации

- **Обратитесь к дополнительным печатным источникам информации** — энциклопедиям, монографиям, периодическим научным изданиям.
- **Обратитесь к электронному приложению**, материалы которого являются дополнительным источником информации, раскрывающим содержание ключевых понятий параграфа. Выполните задания Т129, Т130.
- **Подготовьтесь к следующему уроку.** Используя дополнительные источники информации (книги, статьи, ресурсы сети Интернет и др.), сделайте сообщение по ключевым словам и словосочетаниям следующего параграфа.

45. Происхождение человека

Вспомните!

- Антропология • Прямохождение • Приматы
- Гоминиды • Речь • Расы

Общий план строения и сходство многих черт организации человека и животных, особенно млекопитающих, очень давно привлекали внимание людей. В XVIII в. К. Линней поместил человека в отряд приматов вместе с лемуром и обезьяной. Ж. Б. Ламарк считал, что человек произошёл от обезьяноподобных предков, перешедших от лазанья по деревьям к хождению по земле. Крупнейшим событием в понимании истории человека как вида стала работа Ч. Дарвина «**Происхождение человека и половой отбор**» 617 (1871).

Изучением происхождения и эволюции человека, процесса перехода от биологических закономерностей, которым подчинялось существование его животных предков, к закономерностям социальным занимается отрасль естествознания **антропология** 618 (от греч. *антропос* — человек).

Основные черты строения и особенности эмбрионального развития чётко определяют положение вида **Человек разумный** 619 в классе Млекопитающие, отряде Приматы, подотряде Человекоподобные обезьяны. Вместе с тем человек имеет специфические, присущие только ему особенности: прямохождение, мощно развитую мускулатуру нижних конечностей, сводчатую стопу с сильно развитым первым пальцем, подвижную кисть руки, позвоночник с четырьмя изгибами, широкий таз, очень большой мозг, крупные размеры мозгового и малые размеры лицевого черепа, бинокулярное зрение, ограниченную плодовитость, плечевой сустав, допускающий движения с размахом почти до 180°, и некоторые другие. Эти особенности строения и физиологии человека — результат эволюции его животных предков.

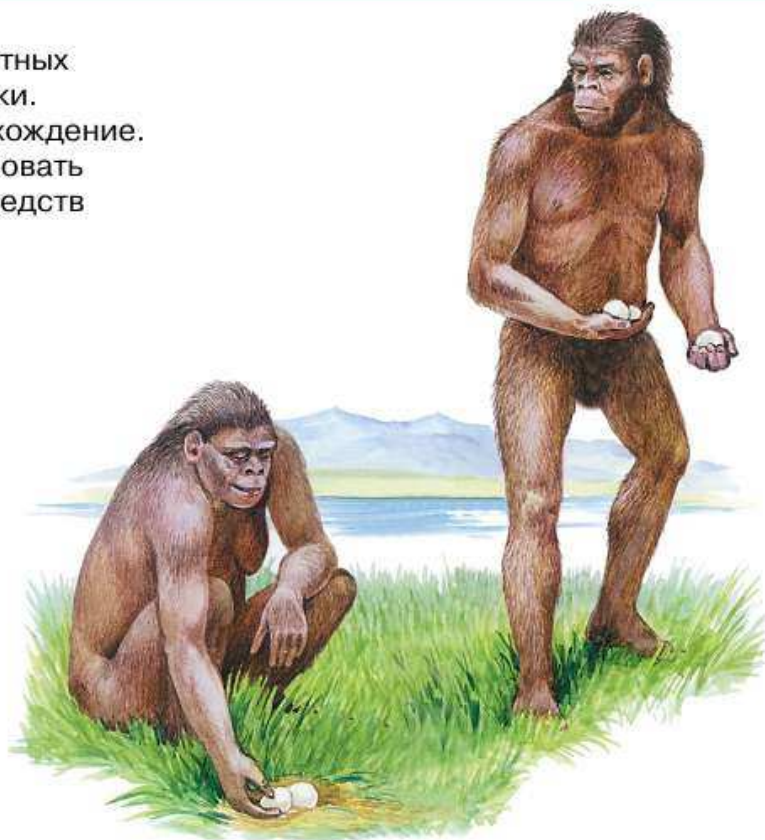
Эволюция приматов. Плацентарные млекопитающие возникли в самом конце мезозойской эры. От примитивных насекомоядных млекопитающих в кайнозой обособился **отряд Приматы** 620. Около 30 млн лет назад появились небольшие животные, жившие на деревьях и питавшиеся растениями и насекомыми. Их челюсти и зубы были такими же, как у человекообразных обезьян. От них произошли **гиббоны** 621, **орангутаны** 623 и вымершие впоследствии древесные обезьяны — **дриопитеки** 622. Дриопитеки дали три ветви, которые повели к **шимпан-**

зе 625, горилле 624 и человеку. Происхождение человека от обезьян, ведущих древесный образ жизни, предопределило особенности его строения, которые, в свою очередь, явились анатомической основой его способности к труду и дальнейшей социальной эволюции.

В конце кайнозоя наступило похолодание. Тропические и субтропические леса отступили на юг, появились обширные открытые пространства. Ледники, сползавшие со Скандинавских гор, проникли далеко на юг. Обезьяны, перешедшие к жизни на земле, стали приспосабливаться к новым суровым условиям и вести тяжёлую борьбу за существование. Беззащитные против хищников, неспособные быстро бегать — настигать добычу или спасаться от врагов, лишённые густой шерсти, помогающей сохранять тепло, они могли выжить только благодаря стадному образу жизни и использованию освободившихся от передвижения рук. Решающим шагом на пути от обезьяны к человеку явилось **прямохождение** 626.

Одна из групп обезьян 10—12 млн лет назад дала начало ветви, ведущей к человеку. Этих животных, ископаемые останки которых найдены в Южной Африке, назвали **австралопитеками** 627 (от лат. *австралис* — южный). Они жили стадами, име-

Рис. 110. Австралопитеки.
Ископаемые останки этих животных
были обнаружены на юге Африки.
Для них уже характерно прямохождение.
Австралопитеки умели использовать
гальку в качестве подручных средств



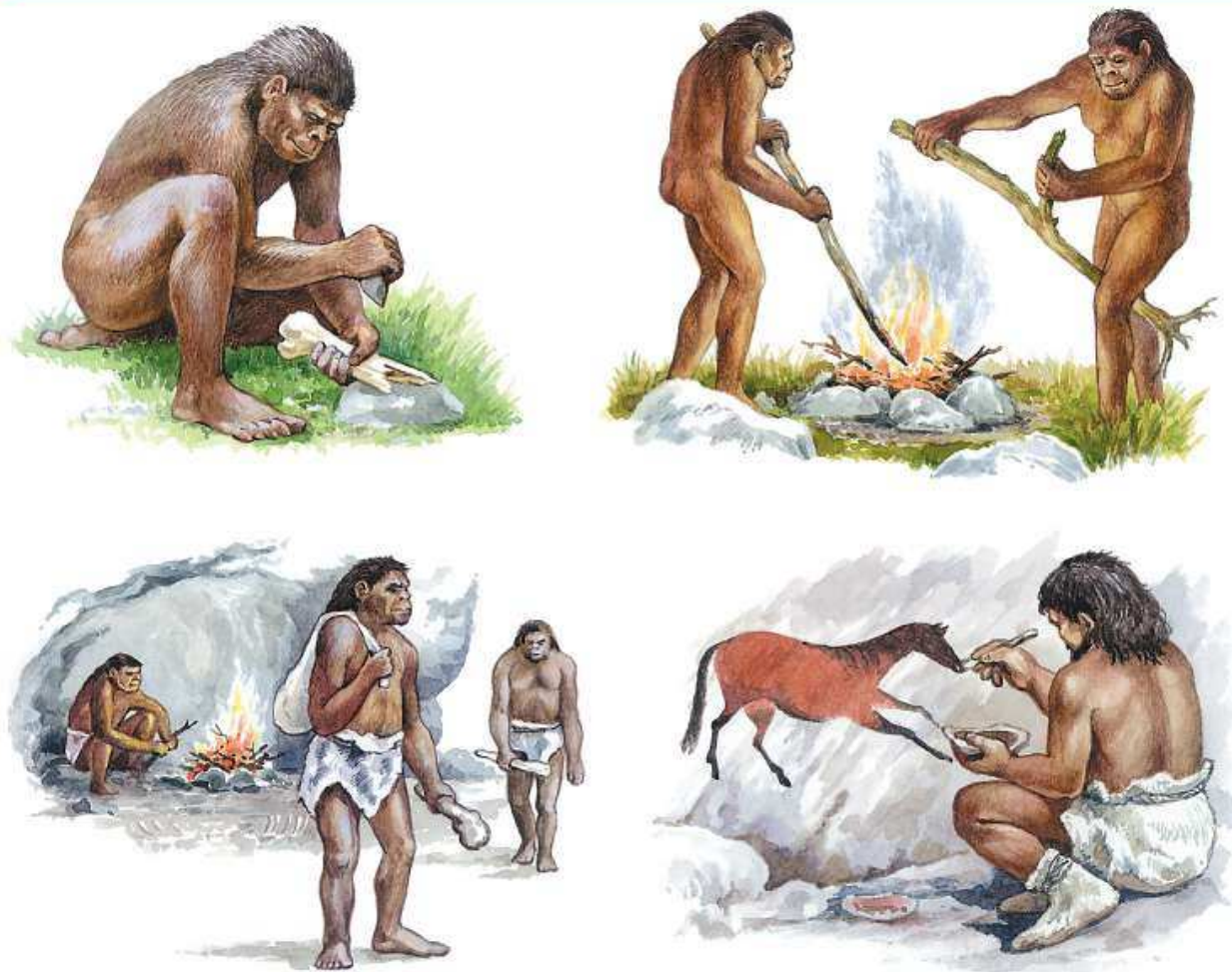


Рис. 111. Предки современного человека: сверху — человек умелый и человек прямоходящий, или выпрямленный; внизу — неандертальцы и кроманьонец

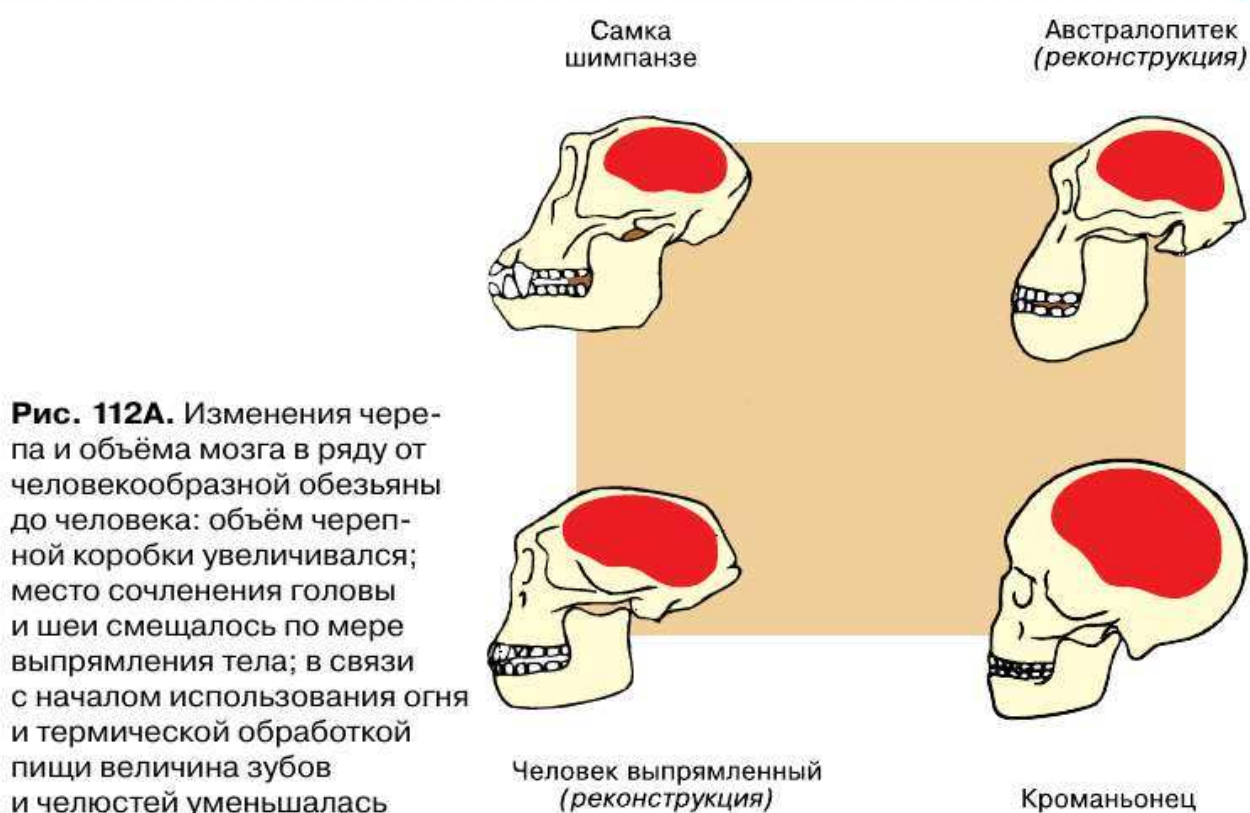
ли массу 30—60 кг и рост 120—150 см, ходили на двух ногах при выпрямленном положении тела, руки были свободны. В отличие от всех обезьян, они имели сходное с человеком строение зубной системы. Масса мозга составляла 550 г. Для защиты и добывания пищи австралопитеки пользовались камнями, костями животных, т. е. имели хорошую двигательную координацию (рис. 110).

Около 2—3 млн лет назад жили существа, стоявшие ближе к человеку, чем австралопитеки. Масса их мозга достигала 650 г, они умели обрабатывать гальку с целью изготовления орудий. Этих далёких предков современного человека отнесли к виду **Человек умелый** 628 ▶. Эволюция гоминид шла в направлении прогрессивного развития прямохождения, способности к труду и совершенствованию головного мозга. Естественный отбор сохранял признаки, содействовавшие развитию стадности, т. е. усилению общественного характера поисков добычи и защи-

ты от хищных зверей. Это, в свою очередь, влияло на совершенствование руки и на развитие высшей нервной деятельности, способности к обучению. Всё это обеспечило победу первых популяций человеческих существ в борьбе за существование и привело 1,5—2 млн лет назад к широкому расселению их по Африке, Средиземноморью, Южной, Центральной и Юго-Восточной Азии. Использование орудий труда, стадный образ жизни способствовали дальнейшему развитию мозга и возникновению речи (рис. 111).

Стадии эволюции человека. Одним из признаков, отделяющих человекообразных обезьян от людей, считается масса мозга, равная 750 г. Именно при такой массе мозга ребёнок овладевает речью (рис. 112А).

Речь древних людей была очень примитивной, но она составляет качественное отличие высшей нервной деятельности человека от высшей нервной деятельности животных. Слово, обозначающее действия, трудовые операции, предметы, а затем и обобщённые понятия, стало важнейшим средством общения между людьми. Речь способствовала более эффективному взаимодействию членов первобытного стада в трудовых процессах, передаче накопленного опыта от поколения к поколению. В борьбе за существование получили преимущество те первобытные стада



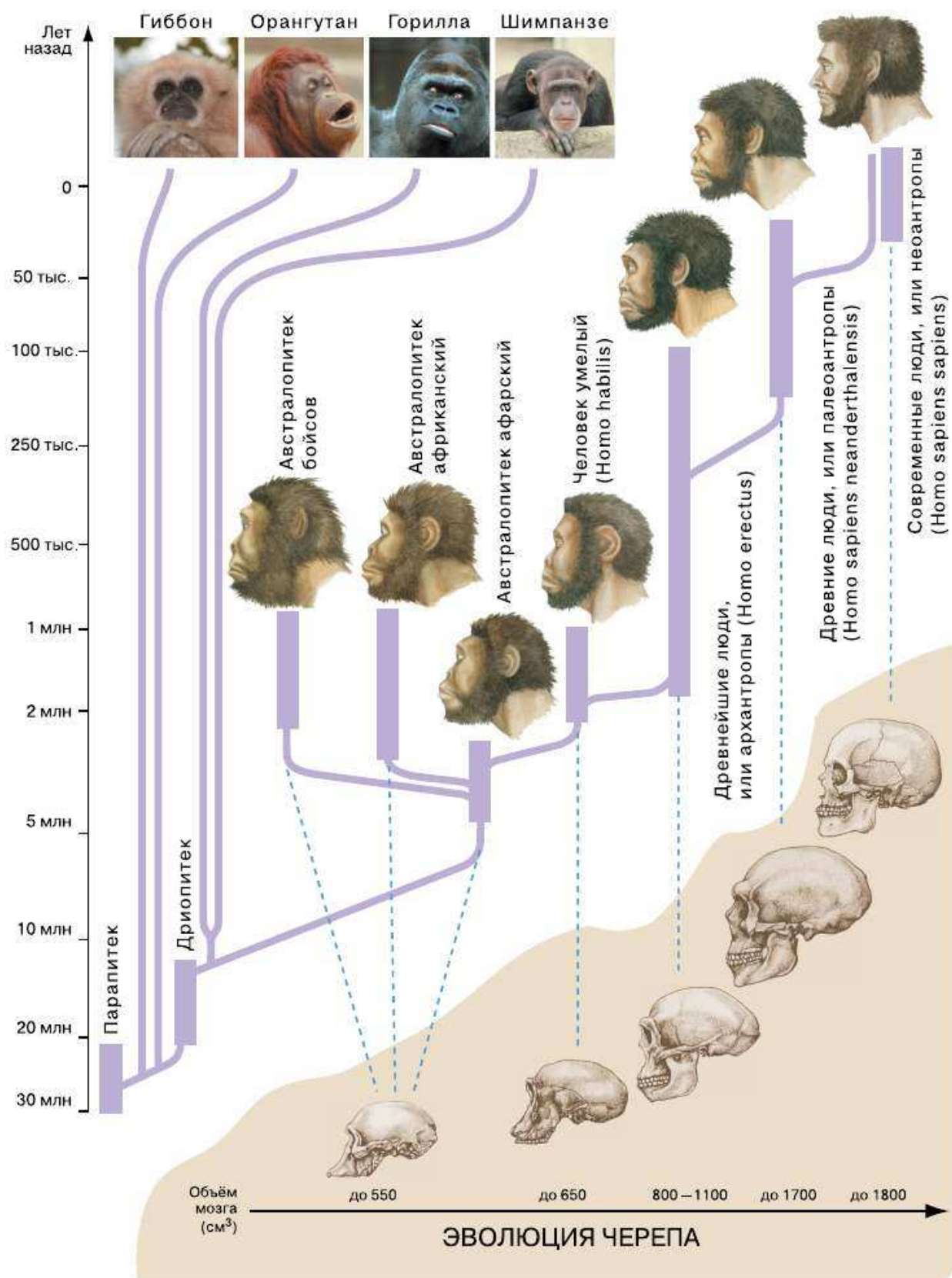


Рис. 112Б. Эволюционное дерево приматов и человека

древних людей, которые стали заботиться о стариках и поддерживать особей, слабых физически, но обладавших опытом и выделявшихся своими умственными способностями.

В процессе становления человека выделяют три стадии: древнейшие люди, древние люди, современные люди (рис. 112Б).

Считают, что **древнейшие люди (архантропы)** 629 появились около 1 млн лет назад. Известно несколько форм древнейших людей: питекантроп, синантроп, гейдельбергский человек и ряд других. Внешне они уже походили на современного человека, хотя отличались мощными надбровными валиками, отсутствием подбородочного выступа, низким и покатым лбом. Масса мозга достигала 800—1100 г. Мозг имел более примитивное строение, чем у позднейших форм. Древнейшие люди успешно охотились на буйволов, носорогов, оленей, птиц. С помощью отёсанных камней они разделявали убитых животных, жили в основном в пещерах и умели использовать огонь.

К **древним людям** 630 (неандертальцам) относят группу людей, появившихся около 200 тыс. лет назад. Они занимают промежуточное положение между древнейшими людьми и первыми современными людьми. Неандертальцы были очень неоднородной группой. Изучение многочисленных скелетов показало, что в эволюции неандертальцев при всём разнообразии строения можно выделить несколько линий.

Одна из групп неандертальцев отличалась мощным физическим развитием при сравнительно небольшом росте, низким скошенным лбом, низким затылком, слабо развитым подбородочным выступом, крупными зубами; масса их мозга достигала 1500 г. Другая группа характеризовалась более тонкими чертами — меньшими надбровными валиками, высоким лбом, более тонкими челюстями и более развитым подбородком. В общем физическом развитии они заметно уступали первой группе, но взамен у них значительно увеличился объём лобных долей головного мозга. У этой группы неандертальцев главным в борьбе за существование стало не усиление физического развития, а развитие внутригрупповых связей — на охоте, при защите от врагов, от неблагоприятных природных условий, т. е. объединение сил отдельных особей. Этот эволюционный путь и привёл к появлению 40—50 тыс. лет назад вида *Человек разумный* — *Homo sapiens*. Некоторое время неандертальцы и первые современные люди — **кроманьонцы** 631 — сосуществовали, а затем первые были вытеснены вторыми.



Рис. 113. Представители крупных рас вида *Homo sapiens*: экваториальная раса (вверху слева) — пигментированная кожа, широкий нос, большие губы; европеоидная раса (вверху справа) — кожа не пигментирована, тонкие черты лица; монголоидная раса (внизу) — уплощённое лицо, узкий разрез глаз



Первые *современные люди* — *кроманьонцы* были высокого роста (до 180 см), с высоким лбом, объём их черепной коробки достигал 1600 см³. Сплошной надглазничный валик отсутствовал. Кроманьонцы владели членораздельной речью, о чём свидетельствует наличие подбородочного выступа.

Хорошо развитый мозг, общественный характер труда привели к резкому уменьшению зависимости человека от внешней среды, к появлению абстрактного мышления и попыткам отражения окружающей действительности в художественных образах — наскальных рисунках, вырезанных из кости фигурках и т. п.

Эволюция человека вышла из-под ведущего контроля биологических факторов и приобрела социальный характер. Основные этапы становления человека изображены на рисунках 111 и 112.

Современный этап эволюции человека. Всё современное человечество принадлежит к одному виду. Человечество едино, что подтверждает общность происхождения, сходство строения, возможность браков между представителями разных рас с получением плодovитого потомства.

Внутри вида *Homo sapiens* выделяют **три большие расы** 632 : австрало-негроидную (экваториальную), европеоидную (евразийскую), монголоидную (азиатско-американскую) (рис. 113). Каждая из них делится на **малые расы** 633 . Общий уровень физического и умственного развития одинаков у людей всех рас. Различия между расами сводятся к особенностям цвета кожи, волос, глаз, формы носа, губ и т. д. Возникли эти различия в процессе приспособления человеческих популяций к местным природным условиям.

Ведущую роль в эволюции человечества на современном этапе стали играть социальные факторы, однако жизнедеятельность каждого отдельного человека подчинена биологическим законам. Сохраняет своё значение и мутационный процесс как источник генотипической изменчивости. В известной мере действует стабилизирующая форма естественного отбора, устраняя резко выраженные отклонения от средней нормы.

В процессе социальной эволюции человечества создаются всё более и более благоприятные возможности для раскрытия индивидуальности каждого человека, реализации его личных качеств. Общественный характер труда позволил человеку выделиться из природы, создать для себя искусственную среду обитания.



Вопросы для повторения и задания

1. Назовите признаки человека, позволяющие отнести его к подтипу позвоночных животных, классу млекопитающих.
2. Какие признаки являются общими для человека и человекообразных обезьян?
3. Какие признаки, развивающиеся у зародыша человека, указывают на его животное происхождение?
4. Какие стадии выделяют в процессе становления человека как вида? Изобразите схематично последовательность основных этапов происхождения человека.
5. Какие факторы явились ведущими в эволюции первых современных людей?
6. Когда появились первые современные люди?
7. Почему неандертальцы были вытеснены современными людьми — кроманьонцами?
8. В чём заключаются отличия Человека разумного от его животных предков и чем они обусловлены?

9. Какие основные расы выделяют внутри вида Человек разумный? Какие критерии лежат в основе деления человечества на расы?
10. Согласны ли вы с утверждением, что человек является биосоциальным существом? Объясните и докажите свою точку зрения.
11. Какие вам известны иные гипотезы происхождения человека?



Работа с дополнительными источниками информации

- **Обратитесь к дополнительным печатным источникам информации** — энциклопедиям, монографиям, периодическим научным изданиям.
- **Обратитесь к электронному приложению**, материалы которого являются дополнительным источником информации, раскрывающим содержание ключевых понятий параграфа. Выполните задания Т131—Т133.
- **Подготовьтесь к следующему уроку.** Используя дополнительные источники информации (книги, статьи, ресурсы сети Интернет и др.), сделайте сообщение по ключевым словам и словосочетаниям следующего параграфа.





Раздел



Взаимоотношения организма и среды. Основы экологии

Животные и растения, грибы и бактерии существуют не сами по себе, независимо друг от друга, а в тесном взаимодействии — влияют на проявления жизнедеятельности одних и сами зависят от других организмов.

С момента своего появления, около 3,5 млрд лет назад, живые организмы стали оказывать значительное влияние на эволюцию земной коры и атмосферы.

Около 60 лет назад выдающийся русский учёный академик В. И. Вернадский разработал учение о биосфере — оболочке Земли, населённой живыми организмами. В. И. Вернадский выявил геологическую роль живых организмов и показал, что их деятельность представляет собой важнейший фактор преобразования минеральных оболочек планеты. Он писал: «На земной поверхности нет химической силы более постоянно действующей, а поэтому более могущественной по своим конечным последствиям, чем живые организмы, взятые в целом». Правильнее поэтому определять биосферу как оболочку Земли, которая населена и преобразуется живыми организмами.



Биосфера, её структура и функции

В **составе биосферы** 634 различают:

- *живое вещество*, образованное совокупностью организмов;
- *биогенное вещество*, которое создаётся в процессе жизнедеятельности организмов (газы атмосферы, каменный уголь, нефть, известняки и др.);
- *косное вещество*, образующееся без участия живых организмов (основные породы, лава вулканов, метеориты);
- *биокосное вещество*, представляющее собой общий результат жизнедеятельности организмов и абиогенных процессов, например почвы.

Эволюция биосферы обусловлена тесно взаимосвязанными между собой тремя группами факторов: 1) развитием нашей планеты как космического тела и протекающими в её недрах химическими преобразованиями; 2) биологической эволюцией живых организмов; 3) развитием человеческого общества. Изучение биосферы, её свойств и закономерностей развития становится актуальной задачей нашего времени.

46. Структура биосферы

Вспомните!

- Биогенные элементы • Макроэлементы • Микроэлементы
- Свойства воды • Уровни организации живого

Границы биосферы 636 ► определяются факторами земной среды, которые делают невозможным существование живых организмов (рис. 114). Верхняя граница проходит примерно на высоте 20 км от поверхности планеты и отграничена слоем озона, задерживающим губительную для жизни коротковолновую часть ультрафиолетового излучения Солнца. Таким образом, живые организмы могут существовать в тропосфере и нижних слоях стратосферы. В гидросфере земной коры организмы проникают

Атмосфера 637 . Газовая оболочка состоит в основном из азота и кислорода. В небольших количествах в ней содержатся диоксид углерода (0,03%) и озон. Состояние атмосферы оказывает большое влияние на физические, химические и биологические процессы на поверхности земли и в водной среде. Для биологических процессов наибольшее значение имеют: кислород, используемый для дыхания и минерализации мёртвого органического вещества, диоксид углерода, участвующий в фотосинтезе, и озон, экранирующий земную поверхность от жёсткого ультрафиолетового излучения. Азот, диоксид углерода, пары воды образовались в значительной мере благодаря вулканической деятельности, а кислород — в результате фотосинтеза.

Гидросфера 638 . Вода — важный компонент биосферы и один из необходимых факторов существования живых организмов. Основная её часть (95%) находится в Мировом океане, который занимает около 70% поверхности земного шара и содержит 1300 млн км³ воды.

Поверхностные воды (озёра, реки, болота) включают всего 0,182 млн км³, а количество воды в живых организмах составляет ничтожное количество по сравнению с этими цифрами — всего 0,001 млн км³. Значительные запасы воды (24 млн км³) содержат ледники.

Большое значение имеют газы, растворённые в воде: кислород и диоксид углерода. Их содержание широко варьирует в зависимости от температуры и присутствия живых организмов. В воде содержится в 60 раз больше диоксида углерода, чем в атмосфере.

Гидросфера формировалась в связи с развитием литосферы, которая в течение геологической истории Земли выделяла большое количество водяного пара.

Литосфера 639 . Основная масса организмов, обитающих в пределах литосферы, находится в почвенном слое, глубина которого не превышает нескольких метров. Почва включает минеральные вещества, образующиеся при разрушении горных пород, и органические вещества — продукты жизнедеятельности организмов.

Живые организмы (живое вещество). Хотя границы биосферы довольно узки, **распределение живого вещества** 640 в их пределах очень неравномерно. На большой высоте и в глубинах гидросферы и литосферы организмы встречаются относительно редко. Жизнь сосредоточена главным образом на поверхности земли, в почве и в приповерхностном слое океана.

Общая масса живых организмов на Земле 641 — $2,43 \cdot 10^{12}$ т. Биомасса организмов, обитающих на суше, на 99,2% представле-

на зелёными растениями — продуцентами (образователями) органического вещества и на 0,8% — животными и микроорганизмами. Напротив, в океане на долю растений приходится 6,3%, а на долю животных и микроорганизмов — 93,7% всей биомассы. Жизнь сосредоточена главным образом на суше. Суммарная биомасса океана составляет всего 0,13% биомассы всех существ, обитающих на Земле.

В распределении живых организмов по видовому составу (**видовое разнообразие** ●642) наблюдается важная закономерность. Из общего числа видов 21% приходится на растения, но их вклад в суммарную биомассу составляет 99%. Среди животных 96% видов — беспозвоночные и только 4% позвоночные, из которых лишь 10% млекопитающие.

Таким образом, среди представителей животного царства в количественном отношении преобладают формы, стоящие на относительно низком уровне эволюционного развития.

Масса живого вещества составляет всего 0,01—0,02% от косного вещества биосферы, однако оно играет ведущую роль в геохимических процессах. Вещества и энергию, необходимые для обмена веществ, организмы черпают из окружающей среды. Огромные количества живой материи воссоздаются, преобразуются и разлагаются. Ежегодно благодаря жизнедеятельности растений и животных воспроизводится около 10% биомассы.

Чтобы представить **масштабы геохимической деятельности организмов** ●643, приведём некоторые цифры. Ежегодная продукция живого вещества в биосфере составляет 232,5 млрд т сухого органического вещества. За это же время в процесс фотосинтеза вовлекается 46 млрд т углерода. Для этого необходимо, чтобы $170 \cdot 10^9$ т диоксида углерода прореагировало с $68 \cdot 10^9$ т воды. В процесс жизнедеятельности ежегодно вовлекаются $6 \cdot 10^9$ т азота, $2 \cdot 10^9$ т фосфора, а также калий, кальций, магний, сера, железо и другие элементы.

Деятельность живых организмов служит основой круговорота веществ в природе.



Вопросы для повторения и задания

1. Какие типы веществ выделяют в составе биосферы?
2. Охарактеризуйте оболочки Земли, в которых обитают живые организмы, — атмосферу, гидросферу, литосферу.
3. Чем определяются границы распространения живых организмов в биосфере?

4. Сравните суммарную биомассу суши и океана.
5. Какой вклад в биомассу Земли вносят растения и какой — животные?
6. Составьте диаграммы распределения различных групп живых организмов на суше и в океане.
7. Чем вы можете объяснить, что число 24 млн км³ (найдите его в тексте параграфа) не является постоянным? Как вы думаете, в сторону уменьшения или увеличения изменяется эта величина с течением времени? Докажите свою точку зрения.
8. Почему В. И. Вернадский считал живые организмы могущественной геохимической силой?
9. Согласны ли вы с утверждением, что газы, растворённые в водах Мирового океана, играют важную роль в поддержании жизни на Земле?
10. Используя дополнительные источники информации, подготовьте сообщение о жизни и деятельности выдающегося российского академика В. И. Вернадского.



Работа с дополнительными источниками информации

- **Обратитесь к дополнительным печатным источникам информации** — энциклопедиям, монографиям, периодическим научным изданиям.
- **Обратитесь к электронному приложению**, материалы которого являются дополнительным источником информации, раскрывающим содержание ключевых понятий параграфа. Выполните задания Т134—Т136.
- **Подготовьтесь к следующему уроку.** Используя дополнительные источники информации (книги, статьи, ресурсы сети Интернет и др.), сделайте сообщение по ключевым словам и словосочетаниям следующего параграфа.

47. Круговорот веществ в природе

Вспомните!

- Обмен веществ • Хемосинтез • Фотосинтез

Важнейшая функция биосферы 645 заключается в обеспечении круговорота химических элементов, который выражается в циркуляции веществ между атмосферой, почвой, гидросферой и живыми организмами.

Круговорот воды 646 ►. Вода испаряется и воздушными течениями переносится на большие расстояния. Выпадая на поверхность суши в виде осадков, она способствует разрушению горных пород, делает их доступными для растений и микроорга-

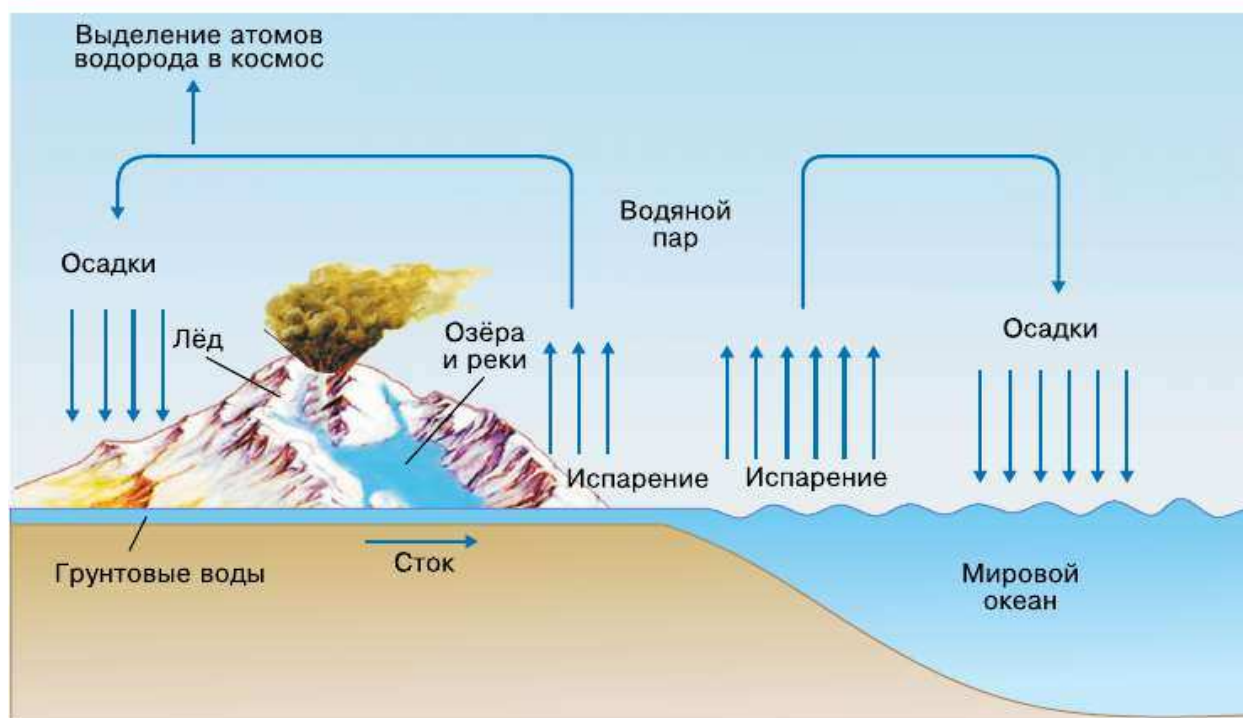


Рис. 115. Круговорот воды в биосфере

низмов, размывает верхний почвенный слой и уходит вместе с растворёнными в ней химическими соединениями и взвешенными органическими частицами в моря и океаны (рис. 115). Циркуляция воды между океаном и сушей представляет собой важнейшее звено в поддержании жизни на Земле.

Круговорот углерода и кислорода 647. Углерод входит в состав разнообразных органических веществ, из которых состоит всё живое. В процессе фотосинтеза зелёные растения используют углерод диоксида углерода и водород воды для синтеза органических соединений, а освободившийся кислород поступает в атмосферу. Им дышат различные животные и растения, а конечный продукт дыхания — CO_2 — выделяется в атмосферу (рис. 116).

Круговорот азота 648. Атмосферный азот включается в круговорот благодаря деятельности **азотфиксирующих бактерий** 649 и водорослей, синтезирующих нитраты, пригодные для использования растениями (рис. 117). Часть азота фиксируется в результате образования оксидов во время электрических разрядов в атмосфере. Соединения азота из почвы поступают в растения и используются для построения белков. После отмирания живых организмов **гнилостные бактерии** 650 разлагают органические остатки до аммиака. **Хемосинтезирующие бактерии** 651 превращают аммиак в азотистую, затем в азотную кислоту.

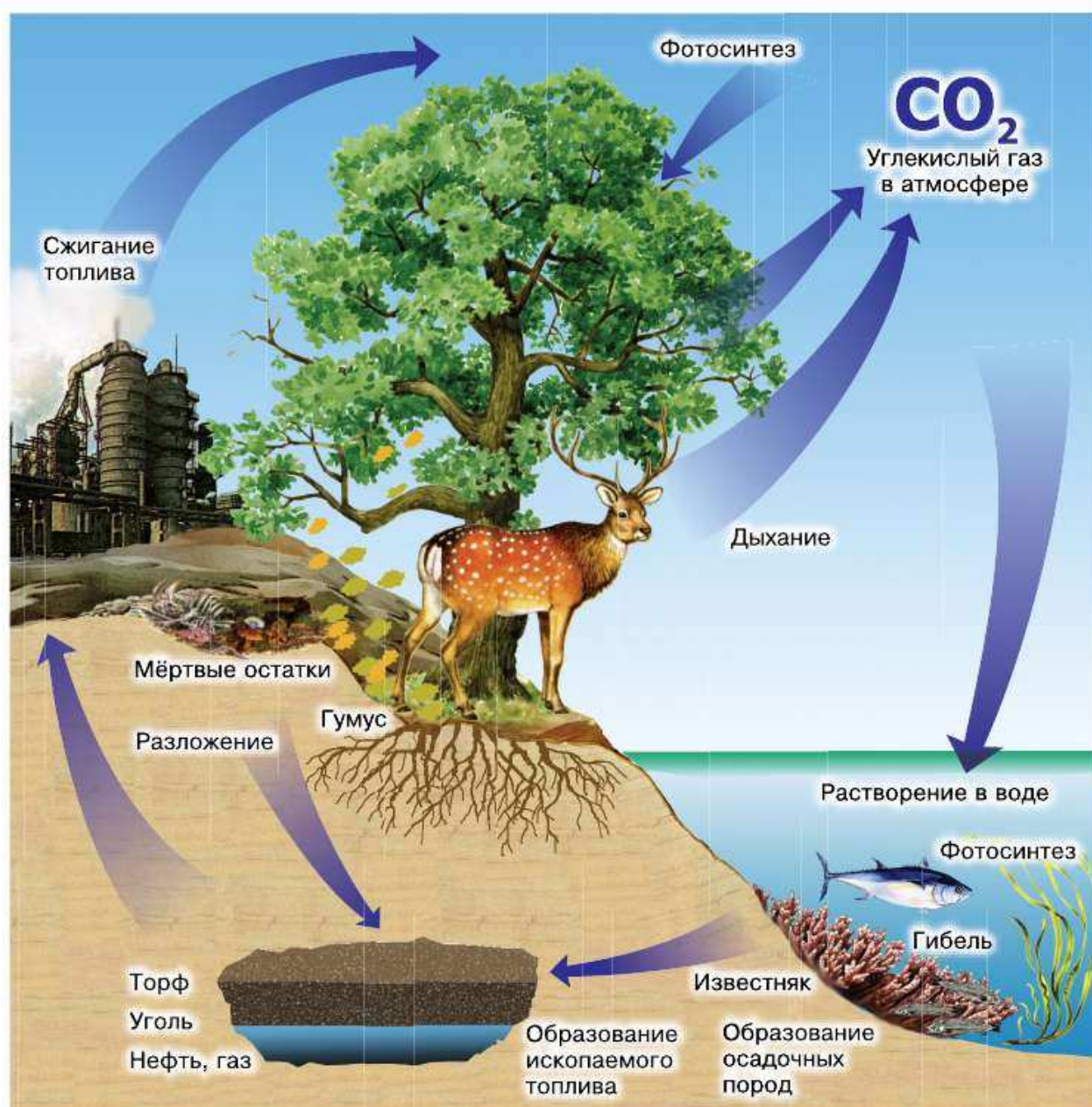


Рис. 116. Упрощённая схема круговорота углерода, показывающая прохождение углерода через несколько экосистем

Некоторое количество азота благодаря деятельности **денитрифицирующих бактерий** 652 поступает в воздух. Часть азота оседает в глубоководных отложениях и на длительный срок выключается из круговорота; эта потеря компенсируется поступлением азота в воздух с вулканическими газами.

Круговорот серы 653 , 654 . Сера входит в состав ряда аминокислот и представляет собой жизненно важный элемент. Находящиеся глубоко в почве и в морских осадочных породах соединения серы с металлами — сульфиды — переводятся ми-



Рис. 117. Круговорот азота. Азот — один из важнейших компонентов белков и нуклеиновых кислот — генетического материала живых организмов

кроорганизмами в доступную форму — сульфаты, которые и поглощаются растениями. С помощью бактерий осуществляются отдельные реакции окисления-восстановления. Глубоко залегающие сульфаты восстанавливаются до H_2S , который поднимается вверх и окисляется аэробными бактериями до сульфатов. Разложение трупов животных или растений обеспечивает возврат серы в круговорот.

Круговорот фосфора 655. Главные источники фосфора в биосфере — минерал **апатит** 656 (фосфат кальция), встречающийся во всех магматических породах, и **фосфориты осадочных пород** 657. Постепенно фосфор вымывается из них и попадает в экосистемы или вносится на поля как удобрение (рис. 118). Растения используют только часть этого фосфора; много его уносится реками в моря и снова отлагается в осадках. Вместе с выловленной рыбой на сушу возвращается примерно 60 тыс. т элементарного фосфора, добывается же ежегодно 1—2 млн т фосфорсодержащих пород. Хотя запасы фосфорсодержащих пород велики, в будущем придётся предпринимать специальные меры для возвращения фосфора в круговорот веществ.

Влияние человеческой деятельности на круговороты веществ 658. Извлечение из недр значительных количеств руд и других ископаемых, перераспределение солей в почвах, грунтовых и речных водах под влиянием орошаемого земледелия и применения удобрений, возрастание стока загрязнённых вод в океан, выброс



Рис. 118. Круговорот фосфора. Растения поглощают фосфор главным образом в виде фосфатов. Незначительное количество фосфора возвращается из воды в наземные экосистемы благодаря рыболовству, а также с экскрементами морских птиц

в атмосферу промышленными предприятиями газообразных оксидов и других веществ нарушают сложившиеся процессы круговорота в природе.



Вопросы для повторения и задания

1. В чём заключается главная функция биосферы?
2. Расскажите о круговороте воды в природе.
3. Участвуют ли живые организмы в круговороте воды? Если да, то дополните схему, изображённую на рисунке 115, обозначив на ней участие живых организмов в круговороте.
4. Какие организмы поглощают диоксид углерода из атмосферы?
5. Каким путём связанный углерод возвращается в атмосферу?
6. Изобразите схематично круговорот азота в природе.
7. Подумайте и приведите примеры, свидетельствующие о том, что микроорганизмы играют важную роль в круговороте серы.
8. В пищевой рацион каждого человека обязательно должны входить блюда из рыбы. Объясните, почему это важно.
9. Обсудите в классе, как изменился бы круговорот веществ в природе, если бы на планете исчезли все живые организмы.

- **Обратитесь к дополнительным печатным источникам информации** — энциклопедиям, монографиям, периодическим научным изданиям.
- **Обратитесь к электронному приложению**, материалы которого являются дополнительным источником информации, раскрывающим содержание ключевых понятий параграфа. Выполните задания Т137, Т138.
- **Подготовьтесь к следующему уроку.** Используя дополнительные источники информации (книги, статьи, ресурсы сети Интернет и др.), сделайте сообщение по ключевым словам и словосочетаниям следующего параграфа.

48. История формирования природных сообществ живых организмов

Вспомните!

• *Континенты* • *Острова* • *Климат*

Вся суша подразделяется на крупные области, называемые материками или континентами: Евразию, Африку, Северную Америку, Южную Америку, Австралию, Антарктиду. Растительный и животный мир континентов сильно различается. Чем это объяснить? Известно несколько факторов, обуславливающих несходство растительного и животного населения в тех или иных областях земного шара.



200 млн лет назад все материки составляли единый суперконтинент — Пангею



Впоследствии Пангея раскололась на несколько частей, которые начали медленно расходиться в стороны



Современное положение континентов

Рис. 119. Геологическая история материков

Первый из них — **геологическая история материков** 659 ► (рис. 119). Сотни миллионов лет назад континентов не было и суша представляла собой единый массив — **Пангею** 660 . Около 200 млн лет назад, в триасовом периоде мезозойской эры, этот единый суперматерик раскололся и часть его двинулась на юг. Эта часть включала будущие Антарктиду, Австралию, Индию, Африку и Южную Америку. Продолжавшиеся подвижки и разломы земной коры на протяжении юрского и мелового периодов привели к выделению отдельных континентов. Северная Америка и Евразия составляли единый материк. Такое расположение континентов сложилось к началу кайнозойской эры, т. е. около 60 млн лет назад. Изоляция материков не могла не отразиться на ходе дальнейшей эволюции животных и растений. Например, Австралия обособилась до появления плацентарных млекопитающих и сохранила до наших дней **яйцекладущих и сумчатых животных** 661 , которые на других материках были вытеснены плацентарными.

В то же время фауна и флора Евразии и Северной Америки очень сходны. Это объясняется тем, что Берингов пролив на месте перешейки возник сравнительно недавно.

Второй фактор — **различие климатических условий** 662 в широтном направлении. К числу важнейших показателей, характеризующих климатические условия в данной местности, относятся температурные. Другим важным показателем служит годовое количество осадков. В зависимости от количества солнечной энергии, падающей на единицу земной поверхности, и, следовательно, температурных условий, а также от количества осадков формируются специфические сообщества растений и животных.

В высоких широтах расстилается **тундра** 663 . В этой климатической зоне флора представлена лишайниками, мхами, осоками, карликовыми деревьями, кустарничками, некоторыми водорослями. Фауна бедна и включает в себя небольшое количество видов насекомых, птиц, из млекопитающих — оленей, овцебыков, росомх, песцов, леммингов. Млекопитающие и птицы появляются здесь главным образом летом вследствие сезонных миграций. В среднем в высоких широтах на 100 км² обнаруживается около 20 видов организмов, южнее, в лесотундре — 70—80 видов.

К югу от тундры располагается **тайга** 664 , где хвойные (ель обыкновенная, ель сибирская, пихта сибирская) занимают огромные территории. В тайге обитает 400—500 видов на 100 км².

При более высокой среднегодовой температуре и большем количестве осадков развиваются **лиственные леса** 665 умеренной

зоны. Биоценозы этой зоны включают 600—700 видов растений и животных на 100 км².

При уменьшении годового количества осадков и повышении летних температур возникает **степь** 666 умеренной зоны. Основные компоненты её флоры — злаки, фауна представлена в основном грызунами и копытными. Всего около 800—900 видов на 100 км².

Повышение среднегодовой температуры и значительное уменьшение количества осадков приводят к появлению **пустыни** 667. В районе экватора в условиях высоких среднегодовых температур и при очень большом количестве осадков (в пределах 200—400 см в год) развиваются **дождевые тропические леса** 668, характеризующиеся наибольшим видовым разнообразием и самыми высокими показателями образования биомассы.

Третий фактор — **изоляция** 669. Это относится главным образом к островным популяциям. Острова заселяются видами, способными преодолеть морские просторы и зачастую попадающими туда случайно. Поэтому видовой состав обитателей островов значительно беднее, чем на континентах в тех же широтах.

Живые организмы не просто обитают в той или иной местности. Они находятся в постоянном взаимодействии друг с другом и с факторами неживой природы. Видовой состав любой местности определяется историческими и климатическими условиями, а взаимоотношения организмов друг с другом и с окружающей средой — характером их питания.

Основные отношения между организмами — пищевые. По типу питания все живые существа объединяют в две группы: автотрофы, использующие в качестве пищи неорганические соединения, и гетеротрофы, нуждающиеся в пище органического происхождения. *Автотрофы* — это зелёные растения и некоторые виды бактерий, *гетеротрофы* — большинство бактерий, грибы и все животные.



Вопросы для повторения и задания

1. Расскажите, как изоляция материков отразилась на их животном и растительном мире.
2. Приведите примеры, характеризующие своеобразие животного мира Австралии, Южной Америки и других континентов.

3. Приведите примеры, характеризующие влияние климатических условий на формирование фауны и флоры.
4. Какие природные факторы, определяющие численность видов живых организмов на той или иной территории, являются основными?
5. Используя дополнительные источники информации, подготовьте сообщение или презентацию на тему «Геологическая история материков».
6. Вместе с одноклассниками сделайте стенд или стенгазету «Животный и растительный мир моего родного края».



Работа с дополнительными источниками информации

- **Обратитесь к дополнительным печатным источникам информации** — энциклопедиям, монографиям, периодическим научным изданиям.
- **Обратитесь к электронному приложению**, материалы которого являются дополнительным источником информации, раскрывающим содержание ключевых понятий параграфа. Выполните задания Т139, Т140.
- **Подготовьтесь к следующему уроку.** Используя дополнительные источники информации (книги, статьи, ресурсы сети Интернет и др.), сделайте сообщение по ключевым словам и словосочетаниям следующего параграфа.

49. Биогеоценозы и биоценозы

Вспомните!

- Автотрофы • Гетеротрофы • Факторы среды • Луг
- Лес • Озеро • Поле пшеницы

Биогеоценоз 690 — это устойчивое сообщество растений, животных и микроорганизмов, находящихся в постоянном взаимодействии друг с другом и с компонентами атмосферы, гидросферы и литосферы. В это сообщество поступают энергия Солнца, минеральные вещества почвы и газы атмосферы, вода, а выделяются из него теплота, кислород, диоксид углерода и другие продукты жизнедеятельности организмов. Основные функции биогеоценоза — аккумуляция и перераспределение энергии и круговорот веществ.

Биогеоценоз — целостная саморегулирующаяся и самоподдерживающаяся система. Он включает следующие обязательные компоненты: 1) климатические условия, неорганические (кислород, азот, диоксид углерода, вода, минеральные соли) и органиче-

ские (белки, углеводы, липиды и др.) вещества, т. е. неживую природу; 2) **автотрофные организмы** 674 — **продуценты** 743 органических веществ; 3) **гетеротрофные организмы** 675 — потребители (**консументы** 746) готовых органических веществ растительного (потребители первого порядка) и животного (потребители второго и следующих порядков) происхождения; к гетеротрофным организмам относятся и разрушители — деструкторы (**редуценты** 747), которые разлагают остатки мёртвых растений и животных, превращая их в простые минеральные соединения.

Биоценозы 676, в отличие от биогеоценозов, включают только взаимосвязанные между собой живые организмы, обитающие в данной местности. Они характеризуются **видовым богатством** 678, т. е. числом видов растений и животных, образующих данный биоценоз; **плотностью популяций** 679, т. е. числом особей данного вида, отнесённым к единице площади или к единице объёма (для водных и почвенных организмов); **биомассой** 680 — общим количеством живого органического вещества, выраженным в единицах массы. Термин «биоценоз» в 1877 г. предложил немецкий зоолог **Карл Мёбиус** 677.

Биомасса образуется в результате связывания солнечной энергии. Эффективность, с которой растения ассимилируют солнечную энергию, в разных биоценозах неодинакова. Суммарную продукцию фотосинтеза называют **первичной продукцией** 688. Растительная биомасса используется потребителями первого порядка — растительноядными животными в качестве источника энергии и материала для создания биомассы. В свою очередь, эти животные служат источником энергии и материала для потребителей второго порядка — хищников и т. д. Наибольшее количество биомассы образуется в тропиках и в умеренной зоне, очень мало — в тундре. Организмы, входящие в состав биоценозов, испытывают действие факторов неживой природы (**абиотических** 700) и факторов живой природы (**биотических**). Рассмотрим действие этих двух групп факторов на живой организм.



Вопросы для повторения и задания

1. Что такое биогеоценозы? Назовите и охарактеризуйте как можно подробнее составляющие их компоненты.
2. Что такое биоценоз? Какие показатели его характеризуют?
3. Что такое биомасса? В результате чего она образуется?



4. Объясните, почему мы называем биогеоценозы саморегулирующимися системами.
5. Как могут быть связаны обитающие в одном биоценозе белка, лось и дятел?
6. Достаточно ли знать только видовой состав биогеоценоза, чтобы представить его полную характеристику? Объясните свою точку зрения.
7. Изобразите схематично структуру любого хорошо известного вам биогеоценоза.



Работа с дополнительными источниками информации

- **Обратитесь к дополнительным печатным источникам информации** — энциклопедиям, монографиям, периодическим научным изданиям.
- **Обратитесь к электронному приложению**, материалы которого являются дополнительным источником информации, раскрывающим содержание ключевых понятий параграфа.
- **Подготовьтесь к следующему уроку.** Используя дополнительные источники информации (книги, статьи, ресурсы сети Интернет и др.), сделайте сообщение по ключевым словам и словосочетаниям следующего параграфа.

50. Абиотические факторы среды

Вспомните!

• *Горячие источники* • *Водоросли снега и льда* • *Миграции животных* • *Теневыносливые растения* • *Светолюбивые растения* • *Засухоустойчивые растения* • *Влаголюбивые растения* • *Летняя и зимняя спячка животных*

Температура 701. Большинство видов приспособлено к довольно узкому диапазону температур. Некоторые организмы, особенно в стадии покоя, способны выдерживать очень низкие температуры. Например, микроорганизмы выдерживают охлаждение до -200°C . Отдельные виды бактерий и водорослей могут жить и размножаться в горячих источниках при температуре $+80—88^{\circ}\text{C}$. Диапазон колебаний температуры в воде значительно меньше, чем на суше. Следовательно, водные организмы жи-

вут в гораздо более стабильном температурном режиме, и любые резкие изменения температуры окружающей среды для них более чувствительны, чем для организмов, обитающих на суше. Хотя наземные организмы приспособились к значительным колебаниям температуры среды, оптимальная температура для их жизнедеятельности находится в сравнительно узких пределах: 15—30 °С.

Различают **организмы с непостоянной температурой тела** 702 и **организмы с постоянной температурой тела** 703. Температура тела у первых зависит от температуры окружающей среды. Её повышение вызывает у них усиление жизненных процессов и ускорение (в известных пределах) развития. Это рыбы, амфибии, рептилии.

В природе температура непостоянна. Организмы, которые обычно подвергаются воздействию сезонных колебаний температур, что наблюдается в умеренных зонах, хуже переносят постоянную температуру. Резкие колебания температуры — сильные морозы или зной — также неблагоприятны для организмов. Различные виды живых организмов выработали **приспособления к разным температурным режимам** 704. С наступлением зимы растения и животные с непостоянной температурой тела впадают в состояние зимнего покоя. Интенсивность обмена веществ у них резко снижается. При подготовке к зиме в тканях запасается много жиров и углеводов. Количество воды в клетках уменьшается, накапливаются сахара и глицерин, препятствующие замерзанию. Эти процессы развиваются постепенно, и морозостойкость зимующих организмов увеличивается в течение зимы. В жаркое время года, наоборот, включаются физиологические механизмы, защищающие от перегрева. У растений усиливается испарение воды через устьица (это приводит к снижению температуры листьев), а у животных — через дыхательную систему и кожные покровы.

В значительно меньшей степени зависят от температурных условий среды животные с постоянной температурой тела — птицы и млекопитающие. Ароморфные изменения строения (четырёхкамерное сердце и наличие одной дуги аорты, обеспечивающие полное разделение артериального и венозного кровотоков, интенсивный обмен веществ благодаря снабжению тканей артериальной кровью, насыщенной кислородом, перьевой или волосистой покров тела, способствующий сохранению тепла, регуляция теплоотдачи кожными сосудами, хорошо развитая высшая нервная деятельность, особенно у млекопитающих) позволили представи-

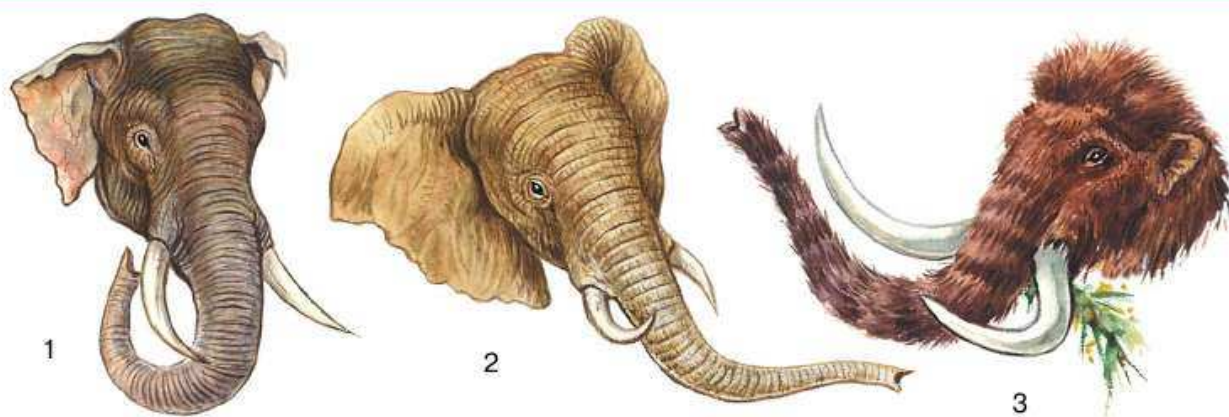


Рис. 120. Ушные раковины млекопитающих, помимо иных функций, выполняют и терморегуляторную. Через них организм выводит избыток тепла. Чем в более жарком климате обитает животное, тем больше у него ушные раковины: 1 — индийский слон; 2 — африканский слон; 3 — мамонт

телям этих двух классов сохранять активность при очень резких перепадах температур и освоить практически все места обитания. Однако и у млекопитающих некоторые особенности строения связаны с температурными условиями. У мамонта, обитавшего в суровом климате, уши были невелики, а у африканского слона уши служат органом терморегуляции и достигают поэтому больших размеров (рис. 120).

Свет 705. Свет в форме солнечной радиации обеспечивает все жизненные процессы на Земле. Для организмов важны длина волны воспринимаемого излучения, его интенсивность и продолжительность воздействия. **Ультрафиолетовое излучение** 706 с длиной волны более 0,3 мкм составляет 10% лучистой энергии, достигающей земной поверхности. В небольших дозах оно необходимо животным и человеку. Под его воздействием в организме образуется витамин D. Насекомые зрительно различают ультрафиолетовые лучи (**ультрафиолетовое зрение** 707) и пользуются этим для ориентации на местности в облачную погоду. Наибольшее влияние на организм оказывает **видимый свет** 708 с длиной волны 0,4—0,75 мкм, энергия которого составляет около 45% общего количества лучистой энергии, падающей на Землю. Он менее всего ослабляется, проходя через плотные облака и воду. Поэтому фотосинтез может идти и при пасмурной погоде, и под слоем воды определённой толщины.

Синий (0,4—0,5 мкм) и красный (0,6—0,7 мкм) свет особенно сильно поглощается хлорофиллом.

В зависимости от условий обитания растения адаптируются к тени (**тенелюбивые и теневыносливые растения** 709)

принимает тепловую энергию также от окружающих предметов.

Влажность 719. Вода — необходимый компонент клетки, поэтому количество её в тех или иных местах обитания служит ограничивающим фактором для растений и животных и определяет характер флоры и фауны в данной местности. Избыток воды в почве приводит к развитию болотной растительности. В зависимости от влажности почвы (и годового количества осадков) видовой состав растительных сообществ меняется. Широколиственные леса южнее сменяются мелколиственными, которые переходят в лесостепь. При дальнейшем повышении сухости почвы высокотравье уступает место низкотравью, затем развивается пустынный ландшафт. Неравномерное распределение осадков по временам года также представляет собой важный ограничивающий фактор для организмов. В этом случае растениям и животным приходится переносить длительные засухи. В короткий же период увлажнения почвы происходит накопление первичной продукции для сообщества в целом. Им определяется размер годового запаса пищи для животных и сапрофагов — организмов, разлагающих органические остатки.

В природе, как правило, существуют суточные колебания влажности воздуха, которые наряду со светом и температурой регулируют активность организмов. Влажность как экологический фактор важна и тем, что изменяет реакцию организма на температурные колебания. Температура сильнее влияет на организм, если влажность очень высока или низка. Точно так же роль влажности повышается, если температура близка к пределам выносливости данного вида. Для растений и животных, обитающих в зонах с недостаточной степенью увлажнения, характерно наличие эффективных приспособлений к неблагоприятным условиям засушливости. У растений мощно развита корневая система, повышено осмотическое давление клеточного сока, способствующее удержанию воды в тканях, утолщена кутикула листа, сильно уменьшена или превращена в колючки листовая пластинка. У некоторых растений, например у саксаула, листья утрачиваются, а фотосинтез осуществляется зелёными стеблями. При отсутствии воды рост **засухоустойчивых** 724 пустынных растений прекращается, в то время как **влаголюбивые растения** 723 в таких условиях увядают и гибнут. Кактусы способны запасать большие количества воды в тканях и экономно её расходовать.

У пустынных животных также есть целый ряд физиологических **приспособлений, позволяющих переносить недостаток влаги** 730. Мелкие животные — грызуны, пресмыкающиеся, членистоногие — извлекают воду из пищи. Источником воды служит и жир, накапливающийся у некоторых животных в больших количествах (горб у верблюдов). В жаркое время года многие животные (грызуны, черепахи) впадают в **летнюю спячку** 731, продолжающуюся несколько месяцев. К началу лета **растения-эфемеры** 732 после кратковременного периода цветения сбрасывают листья, иногда у них полностью отмирают надземные части, сохраняются только луковицы и корневища до следующего вегетационного периода.



Вопросы для повторения и задания

1. Что такое абиотические факторы среды? Перечислите основные абиотические факторы.
2. Какую роль в жизнедеятельности организмов играют ультрафиолетовые лучи?
3. Какую часть спектра видимого излучения Солнца наиболее активно поглощает хлорофилл зелёных растений?
4. Приведите примеры теневыносливых и светолюбивых растений, произрастающих в вашей местности.
5. Докажите, что световой режим играет важную роль в жизнедеятельности организмов.
6. Какие приспособления в условиях недостатка воды развиваются у растений; у животных?
7. Холоднокровных животных по-другому называют пойкилотермными, а теплокровных — гомойотермными. Используя дополнительные источники информации, объясните происхождение этих терминов.
8. Какое адаптивное значение имеет зимняя или летняя спячка животных?
9. Используя дополнительные источники информации, приведите примеры других абиотических факторов, действующих на живые организмы.



Работа с дополнительными источниками информации

- **Обратитесь к дополнительным печатным источникам информации** — энциклопедиям, монографиям, периодическим научным изданиям.

- **Обратитесь к электронному приложению**, материалы которого являются дополнительным источником информации, раскрывающим содержание ключевых понятий параграфа. Выполните задания Т147—Т149.
- **Подготовьтесь к следующему уроку.** Используя дополнительные источники информации (книги, статьи, ресурсы сети Интернет и др.), сделайте сообщение по ключевым словам и словосочетаниям следующего параграфа.

51. Интенсивность действия факторов среды

Вспомните!

- *Абиотические и биотические факторы* • *Онтогенез*
- *Развитие с метаморфозом* • *Минеральные удобрения*

Изменчивость экологических факторов. Некоторые свойства среды на протяжении длительных периодов времени остаются относительно постоянными. Таковы сила тяготения, интенсивность солнечного излучения, солевой состав океана, газовый состав и свойства атмосферы. Большинство же экологических факторов — температура, влажность, интенсивность перемещения воздушных масс — ветер, количество и частота выпадения осадков, укрытия, хищники, паразиты, конкуренты и пр. — очень изменчиво как в пространстве, так и во времени. Степень изменчивости каждого из этих факторов зависит от особенностей среды обитания. Например, температура сильно колеблется на поверхности суши, но почти постоянна на дне океана или в пещерах. Паразиты живут в условиях избытка пищи, тогда как свободноживущие хищники часто испытывают голод.

Популяции организмов, обитающие в какой-то определённой среде, приспособляются к этому непостоянству путём естественного отбора, у них вырабатываются те или иные морфологические и физиологические особенности, позволяющие существовать именно в этих и ни в каких других условиях. Для каждого вида существует оптимальная интенсивность действия любого фактора, называемая **зоной оптимума** 733 **экологического фактора** (или просто его **оптимумом**), отклонение от которой в сторону уменьшения или увеличения угнетает жизнедеятельность данного вида. Пограничные значения фактора, за пределами которых наступает гибель организма, называют **верхним и нижним пределами выносливости** 734 .

На организм одновременно влияют многочисленные и разнообразные факторы среды. По отношению к одним организмы обладают широким **диапазоном выносливости** 735 и выдерживают значительные отклонения интенсивности фактора от оптимальной величины. Другие факторы могут меняться только в узком диапазоне, поскольку организмы выдерживают лишь небольшие отклонения их значений от оптимума. Например, для некоторых антарктических видов рыб, адаптированных к холоду, диапазон переносимых температур составляет всего 4 °С (от –2 до 2 °С). С повышением температуры до 0 °С активность обмена веществ возрастает, но при дальнейшем её увеличении интенсивность метаболизма падает, и при 1,9 °С рыбы перестают двигаться, впадая в тепловое оцепенение. В то же время рыбы, обитающие в водоёмах пустынь, свободно переносят колебания температур в диапазоне от 10 до 40 °С. Широким диапазоном выносливости к изменениям температуры обладают животные, обитающие в высоких широтах. Так, песцы в тундре могут переносить колебания температуры в пределах 80 °С (от –55 до 30 °С). Устойчивы к холодам многие сибирские растения. Так, даурская лиственница близ Верхоянска выдерживает зимние морозы до –70 °С. Растения же тропических лесов могут существовать в достаточно узких пределах изменений температуры окружающей среды: её снижение до 5—8 °С оказывает на них губительное действие. А холодолюбивые виды зелёных и диатомовых водорослей в полярных льдах и на снежных полях высокогорий живут только при температуре около 0 °С.

По отношению к факторам среды различают виды теплолюбивые и холодолюбивые, влаго- и сухолюбивые, приспособленные к высокой или низкой солёности воды. Для водных животных большое значение имеет концентрация кислорода в воде. Некоторые виды могут существовать лишь в узких пределах колебаний содержания O_2 . Молодь ручьевой форели хорошо развивается при концентрации кислорода 2 мг/л; при её снижении до 1,6 мг/л вся форель гибнет. Следовательно, для форели оптимальной является максимально возможная концентрация кислорода. Другие виды рыб — сом, карп, обитающие в застойных водах, хорошо переносят низкое содержание O_2 .

Разнится отношение организмов и к содержанию в среде химических элементов. Например, клевер растёт на бедных азотом почвах. Крапива же поселяется только на почвах, богатых азотом: под деревьями в местах массового гнездования птиц, в местах скопления пищевых отходов или навоза.

На разных этапах онтогенеза организмы могут проявлять неодинаковую выносливость по отношению к тому или иному фактору. Например, у бабочки мельничной огнёвки — одного из вредителей муки и зерновых продуктов — критическая минимальная температура для гусениц -7°C , для взрослых форм — -22°C , а для яиц — -27°C . Мороз в -10°C погубит гусениц, но не принесёт вреда яйцам и взрослым формам.

Организмы с большим диапазоном выносливости ко всем факторам среды распространены более широко.

Взаимодействие факторов среды 738. **Ограничивающий фактор** 736. Отклонение интенсивности одного какого-либо фактора от оптимальной величины может снизить выносливость к другому фактору. Так, например, при уменьшении количества азота в почве снижается засухоустойчивость злаков.

Фактор, наиболее удалённый от своего оптимума, называют *ограничивающим*, поскольку он делает невозможным процветание вида в данных условиях. Впервые на существование ограничивающих факторов указал немецкий химик **Юстус Либих** 737 (1803—1873). Природа этих факторов неодинакова: нехватка химического элемента в почве, недостаток тепла или влаги. Ограничивающими распространение факторами могут быть и биотические отношения: занятие территории более сильным конкурентом или недостаток опылителей для растений.

Многие факторы становятся ограничивающими в период размножения. Пределы выносливости для семян, яиц, эмбрионов, личинок обычно уже, чем для взрослых растений и животных. Например, многие крабы могут заходить в реки далеко вверх по течению, но их личинки в речной воде развиваться не могут, что ограничивает распространение вида. Ареал промысловых птиц часто определяется влиянием климата на яйца или птенцов, а не на взрослых особей.

Выявление ограничивающих факторов имеет практическое значение. Так, пшеница плохо растёт на кислых почвах, а внесение в почву извести позволяет повысить урожайность.



Вопросы для повторения и задания

1. Как называют благоприятную для организмов интенсивность действия фактора внешней среды?
2. Что называют пределами выносливости и что определяет их величину?
3. Какой фактор называют ограничивающим? Почему он получил такое название?

4. Как меняется выносливость организмов к действию экологических факторов на разных стадиях онтогенеза?
5. Попробуйте графически изобразить действие любого экологического фактора на живой организм.
6. На примере известных вам растений и животных опишите возможные пределы их устойчивости к факторам внешней среды.
7. Обсудите в классе, какие живые организмы, обитающие в вашем регионе, имеют широкий диапазон выносливости к большинству абиотических факторов.



Работа с дополнительными источниками информации

- **Обратитесь к дополнительным печатным источникам информации** — энциклопедиям, монографиям, периодическим научным изданиям.
- **Обратитесь к электронному приложению**, материалы которого являются дополнительным источником информации, раскрывающим содержание ключевых понятий параграфа. Выполните задания Т150, Т151.
- **Подготовьтесь к следующему уроку.** Используя дополнительные источники информации (книги, статьи, ресурсы сети Интернет и др.), сделайте сообщение по ключевым словам и словосочетаниям следующего параграфа.

52. Биотические факторы среды. Типы связей между организмами в биоценозе

Вспомните!

- Царства, типы и классы живых организмов • Автотрофы
- Гетеротрофы • Биоценоз

Видовое разнообразие биоценозов. Каждый живой организм живёт в окружении множества других, вступая с ними в самые разнообразные отношения как с положительными, так и с отрицательными для себя последствиями, и в конечном счёте не может существовать без этого окружения. Связь с другими организмами обеспечивает питание и размножение, возможность защиты, смягчает неблагоприятные условия среды. В то же время биотическое окружение — это и опасность ущерба или гибели.

Рассмотрим два примера биоценозов. Весьма разнообразно население **пресноводного водоёма — пруда** 682. В неглубоких пресных водоёмах солнечный свет проникает до дна, создавая условия для развития водорослей и высших водных растений. В толще воды обитают многочисленные одноклеточные водорос-

ли, многоклеточные нитевидные водоросли. На поверхности воды в летнее время встречаются скопления тины — это тоже водоросли. На дне некоторые водоросли образуют обширные тёмно-зелёные скопления. Вблизи берегов растёт водяной хвощ, на поверхности воды можно встретить водяной папоротник сальвинию. Обильно представлены цветковые растения — камыш, тростник, рогоз, обитающие у берегов. На водной глади плавают листья и цветки белой кувшинки и жёлтой кубышки. Нередко вся поверхность прудов покрыта мелкими пластинками ряски. Часто можно встретить и другие водные растения — пузырчатку, роголистник.

Животный мир пресного водоёма ещё более богат и разнообразен. В воде и в иле, покрывающем дно, обитают многочисленные простейшие, мелкие рачки (циклопы), личинки насекомых, плоские черви (планарии), в грунте водоёмов — свободноживущие круглые и кольчатые черви. На листьях водных растений сидят пресноводные гидры, очень многочисленны разнообразные моллюски, насекомые, например крупный хищный клоп гладыш или водяной скорпион. Наконец, в пресноводных водоёмах обычно обитают растительноядные и хищные рыбы, амфибии и их личинки — головастики. Этот далеко не полный перечень обитателей водоёма всё же даёт представление о его **видовом разнообразии** ● 681.

В состав биоценоза всегда входит очень много (до нескольких тысяч) видов самого разного уровня организации — от бактерий до позвоночных. Их взаимоотношения в первую очередь определяются пищевыми потребностями. В нашем примере одноклеточные водоросли служат пищей простейшим, низшим ракообразным — циклопам и дафниям, личинкам насекомых, фильтрующим двустворчатым моллюскам. Высшие растения поедаются растительноядными рыбами, скоблящими брюхоногими моллюсками, личинками некоторых насекомых. В свою очередь, мелкие рачки, черви, личинки насекомых служат пищей рыбам и амфибиям. Хищные рыбы охотятся на растительноядных. В воде кормятся некоторые млекопитающие, например выхухоль, питающаяся моллюсками, насекомыми и их личинками, иногда рыбой. Мёртвые органические остатки падают на дно. На них развиваются бактерии, которых, в свою очередь, потребляют простейшие, фильтрующие моллюски и т. д. Таким образом, *пищевые отношения служат регулятором численности видов, входящих в биоценоз*. Столь же разнообразно население морей (рис. 121).

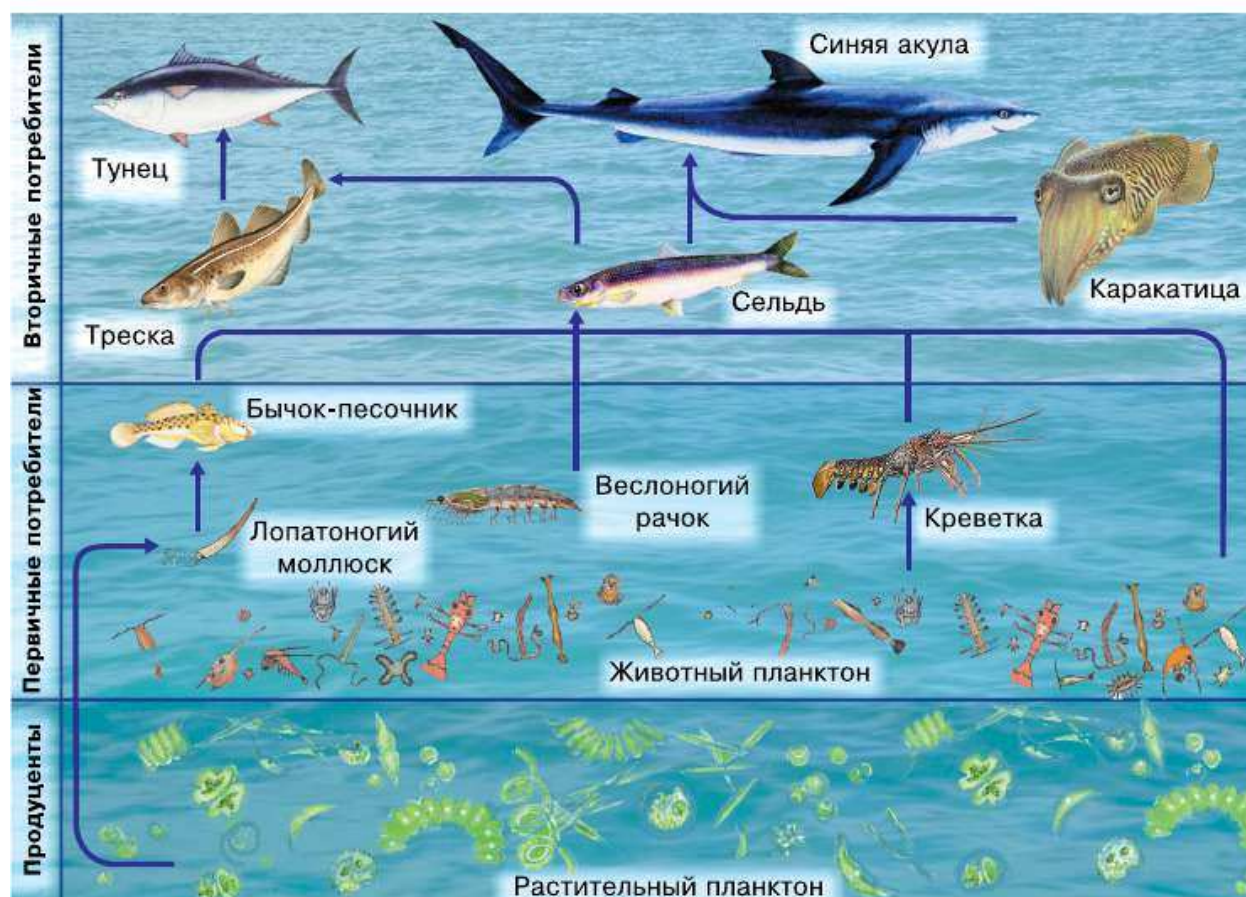


Рис. 121. Биоценоз моря. Найдите на рисунке известных вам животных и укажите их систематическое положение

Структура биоценозов. Помимо разнообразия видового состава биоценозы характеризуются сложной структурой. Рассмотрим **биоценоз лиственного леса** 685 . Растения в лесу различаются по высоте их надземных частей. В связи с этим в растительных сообществах выделяют несколько «этажей», или **ярусов** 686 (рис. 122). Первый ярус — древесный — составляют самые светолюбивые виды — дуб, липа. Второй ярус включает менее светолюбивые и более низкорослые деревья — грушу, клён, яблоню. Третий ярус состоит из кустарников — лещины, бересклета и др. Четвёртый ярус — травянистый. Такими же «этажами» распределены в почве и корни растений. Ярусность позволяет растениям лучше использовать солнечный свет и минеральные запасы почвы.

В травянистом ярусе в течение сезона происходит смена растительного покрова. Одни травы, называемые эфемерами, — светолюбивые медуница, хохлатка — начинают рост ранней весной, когда нет листвы на деревьях и поверхность почвы ярко освещена. Они за короткий срок успевают образовать цветки, дать пло-

Рис. 122. Ярусная структура
лиственного леса



Доминирующие деревья
60 м

Полог
30—40 м

Средний ярус
20—25 м

Кустарниковый ярус
4—6 м

Травянистый ярус
0,8 м

ды и накопить питательные вещества. Летом на их месте под покровом деревьев развиваются теневыносливые растения.

Кроме растений в лесу обитают многочисленные виды других групп организмов: в почве — бактерии, грибы, водоросли, простейшие, круглые и кольчатые (дождевые) черви, личинки насекомых (например, майского жука) и взрослые насекомые, в травяном и кустарниковом ярусах сплетают свои сети пауки. Выше, в кронах лиственных пород, обильны гусеницы пядениц, шелкопрядов, листовёрток, взрослые формы жуков-листоедов, хрущей. В очень больших количествах в лиственных лесах встречаются виды, питающиеся соком растений, — тли, червецы, клопы, а также потребители древесины.

В наземных ярусах обитают также многочисленные позвоночные — амфибии, рептилии (змеи и ящерицы), разнообразные птицы, из млекопитающих — грызуны (полёвки, мыши), зай-

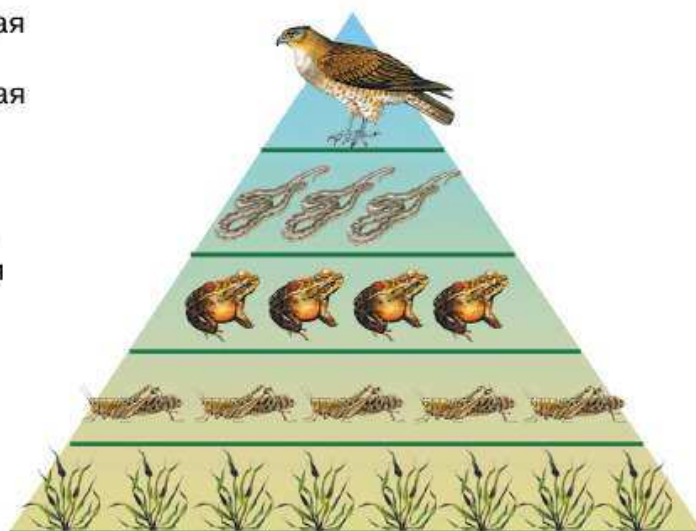
цеобразные, копытные (лоси, олени), хищники (лисица, волк); верхнюю часть почвенного яруса осваивают кроты.

Таким образом, в каждом ярусе леса поселяются многочисленные животные, основной формой взаимоотношений которых, так же как и в других биоценозах, являются пищевые отношения.

Цепи питания 741 ▶. Ряд взаимосвязанных видов, из которых каждый предыдущий служит пищей последующему, носит название «цепи питания». Цепь питания, или пищевую цепь, можно рассматривать также с точки зрения переноса энергии от её начального звена — растений — через ряд организмов путём поедания одних видов другими. Таким образом, цепи питания — это трофические связи между видами (от греч. *трофе* — питание).

Начальными звеньями большинства цепей питания являются зелёные растения. Ими питаются и насекомые, и позвоночные животные, которые, в свою очередь, служат источником энергии и вещества для построения тела потребителей второго, третьего и следующих порядков. Общая закономерность заключается в том, что количество особей, включённых в пищевую цепь, в каждом звене последовательно уменьшается и численность жертв значительно больше численности их потребителей. Это происходит потому, что в каждом звене пищевой цепи, на каждом этапе переноса энергии 80—90% её теряется, рассеиваясь в форме теплоты. Это обстоятельство ограничивает число звеньев в цепи (обычно их бывает от трёх до пяти). В среднем из 1 тыс. кг растений образуется 100 кг тела травоядных животных. Хищники, поедающие травоядных, могут построить из этого количества 10 кг своей биомассы, а вторичные хищники — только 1 кг. Например, человек съедает большую рыбу. Её пищу составляют

Рис. 123. Упрощённая экологическая пирамида. За счёт энергии света растения образуют биомассу, которая используется насекомыми для построения своего тела. Амфибии используют их для пластического и энергетического обмена, являясь, в свою очередь, источником энергии и материи для рептилий. Ими питаются хищные птицы. Вследствие потери энергии на каждой ступени количество особей прогрессивно снижается от основания к вершине пирамиды



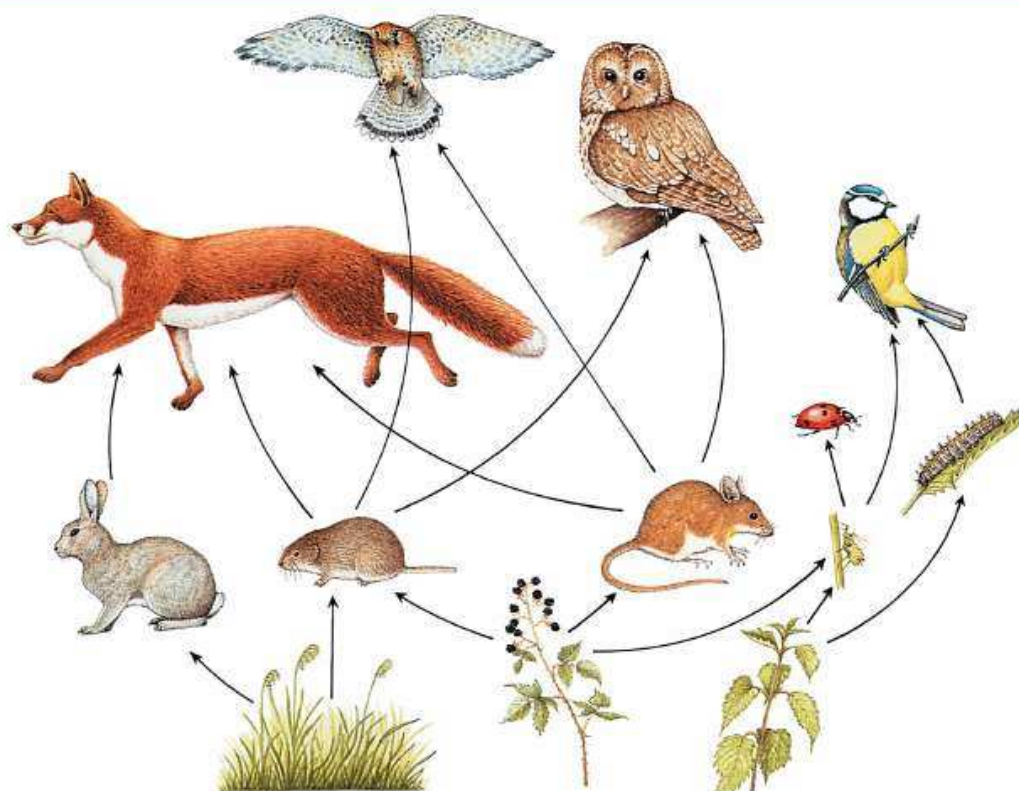


Рис. 124. Сети питания в природной экосистеме

мелкие рыбы, потребляющие зоопланктон, который, в свою очередь, живёт за счёт фитопланктона, улавливающего солнечную энергию. Таким образом, для построения 1 кг тела человека требуется 10 тыс. кг фитопланктона. Следовательно, живая биомасса в каждом последующем звене цепи прогрессивно уменьшается. Эта закономерность носит название **правила экологической пирамиды** 748 (рис. 123). Различают **пирамиду чисел** 749, отражающую число особей в каждом звене пищевой цепи, **пирамиду биомассы** 750 — количество синтезированного на каждом уровне органического вещества, **пирамиду энергии** 751 — количество энергии в пище. В разных экосистемах формы пирамид и соотношение их уровней могут варьироваться.

В реальных условиях цепи питания могут иметь разное число звеньев. Кроме того, цепи питания могут перекрещиваться, образуя **сети питания (пищевые сети)** 752 (рис. 124). Почти все виды животных, за исключением очень специализированных в пищевом отношении, используют не один какой-нибудь источник пищи, а несколько. Если один член биоценоза выпадает из сообщества, вся система не нарушается, так как используются другие источники питания. В цепи питания «растения — заяц —

лиса» всего три звена, однако лиса питается не только зайцами, но и мышами и птицами. Чем больше видовое разнообразие в биоценозе, тем он устойчивее. Общая закономерность состоит в том, что в начале пищевой цепи всегда зелёные растения, а в конце — хищники.

С каждым звеном в цепи организмы становятся крупнее, они медленнее размножаются, их число уменьшается. Особи вида, занимающего положение высшего звена, свободно размножаются, конкурируют друг с другом, но во взрослом состоянии не имеют опасных врагов и непосредственно не истребляются. Виды, составляющие низшие звенья, хотя и обеспечены питанием, но и сами интенсивно истребляются (мышей, например, поедают лисы, волки, совы). Отбор идёт в направлении увеличения плодовитости. Такие организмы превращаются в кормовую базу высших животных без всяких перспектив прогрессивной эволюции.

Другие типы отношений в биоценозе. Пищевые отношения — самый важный, но не единственный тип отношений между видами в биоценозе. Один вид может влиять на другой разными путями. Организмы могут поселяться на поверхности или внутри тела особей другого вида, могут формировать среду обитания для одного или нескольких видов, влиять на движение воздуха, температуру, освещённость окружающего пространства.

Нередко один вид участвует в распространении другого. Животные переносят семена, споры, пыльцу растений и даже других, более мелких животных. Животные могут захватывать семена растений при случайном соприкосновении, особенно если семена или соплодия имеют специальные зацепки, крючки (череда, лопух). При поедании плодов и ягод не поддающиеся полному перевариванию семена выделяются вместе с помётом. Млекопитающие, птицы и насекомые переносят на своём теле многочисленных клещей. Распространению яиц круглых червей — нематод — способствуют мухи.

Все эти многообразные связи обеспечивают возможность существования видов в биоценозе, удерживают их друг возле друга, превращая биоценозы в стабильные саморегулирующиеся сообщества.



Вопросы для повторения и задания

1. Какие факторы среды называют биотическими?
2. Расскажите о видовом разнообразии обитателей пресноводного водоёма. Каковы формы их взаимоотношений?

3. Составьте и заполните таблицу «Пространственная структура и видовой состав биоценоза лиственного леса».
4. В каких отношениях находятся друг с другом обитатели биоценозов? Охарактеризуйте эти связи.
5. Что такое цепь питания и что лежит в её основе?
6. Составьте цепи питания, характерные для экосистем вашего региона. Обсудите в классе составленные цепи питания и объедините их (по возможности) в единую цепь.
7. В чём заключается сущность правила экологической пирамиды?
8. Согласны ли вы с утверждением, что чем богаче видами растений и животных биогеоценоз, тем он устойчивее? Докажите свою точку зрения.
9. Изобразите схематично пространственную структуру хорошо известного вам биоценоза.
10. Проведите экскурсию в биогеоценоз. Под руководством учителя разработайте план и маршрут экскурсии, выберите объекты для изучения. Подготовьте отчёт по результатам экскурсии и обсудите его в классе.



Работа с дополнительными источниками информации

- **Обратитесь к дополнительным печатным источникам информации** — энциклопедиям, монографиям, периодическим научным изданиям.
- **Обратитесь к электронному приложению**, материалы которого являются дополнительным источником информации, раскрывающим содержание ключевых понятий параграфа. Выполните задания Т141, Т142, Т152—Т155.
- **Подготовьтесь к следующему уроку.** Используя дополнительные источники информации (книги, статьи, ресурсы сети Интернет и др.), сделайте сообщение по ключевым словам и словосочетаниям следующего параграфа.

53. Биотические факторы среды. Взаимоотношения между организмами

Вспомните!

- Антибиотики • Микориза • Ленточные черви
- Гриб трутовик • Повилика • Термиты • Волк • Сокол

Среди огромного разнообразия взаимосвязей живых существ выделяют определённые типы отношений, имеющие много общего у организмов разных систематических групп.

Рис. 125. Сидящая на раковине актиния обеспечивает пищей рака-отшельника



1. **Нейтрализм** 756, при котором совместно обитающие на одной территории организмы не влияют друг на друга. При нейтрализме особи разных видов не связаны друг с другом непосредственно. Например, белки и лось в одном лесу не контактируют друг с другом.

2. **Симбиоз** — сожительство (от греч. *сим* — вместе, *биос* — жизнь) — форма взаимоотношений, из которых оба партнёра или хотя бы один извлекают пользу.

3. **Антибиоз**, при котором обе взаимодействующие популяции или одна из них испытывают отрицательное влияние.

Симбиоз и антибиоз — существенные факторы естественного отбора, поэтому разберём эти формы взаимоотношений подробнее.

Симбиоз 758. В тропических морях на небольших глубинах обитают своеобразные кишечнополостные животные, относящиеся к коралловым полипам, — актинии. В отличие от других кораллов, они лишены твёрдого скелета и имеют вид небольшого цилиндра, окаймлённого на верхнем конце венчиком щупалец. Как и все кораллы, актинии ведут сидячий образ жизни. Однако нередко можно видеть, как актинии медленно перемещаются по морскому дну. Это бывает, когда актиния поселяется на пустой раковине какого-нибудь моллюска. В раковине находит убежище рак-отшельник, прячущий в ней своё мягкое брюшко, он и везёт на себе раковину вместе с актинией (рис. 125). Сожительство **актинии и рака-**

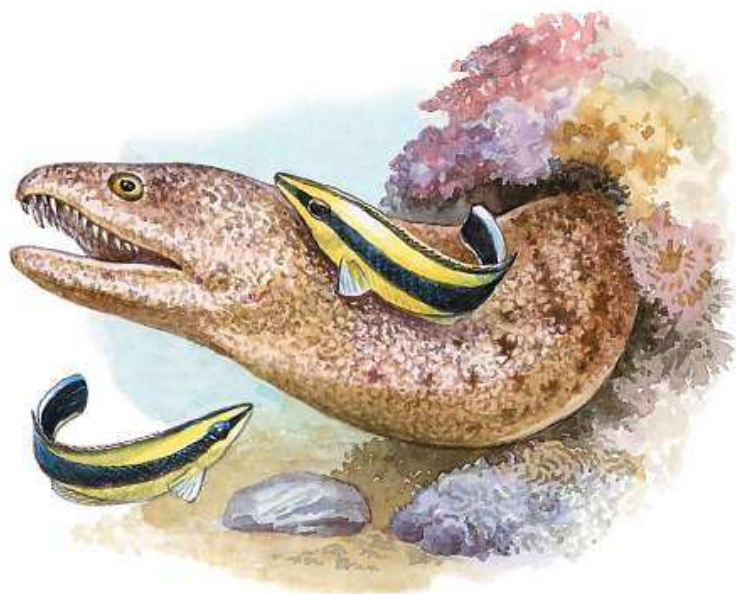


Рис. 126. Рыба-чистильщик на мурене

отшельника 764 взаимовыгодно: перемещаясь по дну, рак увеличивает пространство, используемое актинией для ловли добычи. Часть добычи, поражённая стрекательными клетками актинии, но не подхваченная ею, падает на дно и достаётся раку. Польза для обоих организмов очевидна, но связь их необязательна: и рак, и актиния могут существовать самостоятельно.

Другой пример необязательной, но взаимовыгодной связи дают взаимоотношения мелких рыбок семейства губановых и крупных хищных мурен. Среди губановых имеются так называемые **губаны-чистильщики** 763, освобождающие крупных рыб от наружных паразитов, находящихся на коже, в жаберной и ротовой полостях. Обитают губаны-чистильщики всегда в одном и том же месте. Крупные хищники, в том числе мурены, страдающие от паразитов, приплывают в места обитания губанов и дают им возможность уничтожать паразитов даже у себя во рту (рис. 126).

У свободноживущих организмов всегда очень много паразитов. Многие птицы кормятся на копытных, выбирая из их шерсти паразитов — клещей. Столь же часто птицы выщипывают зимнюю шерсть у оленей, лосей, коров и т. д. во время линьки, используя её при постройке гнёзд.

Часто встречается такая форма взаимополезного сожительства, когда присутствие партнёра становится необходимым и обязательным условием существования каждого из них. Один из самых известных примеров таких отношений — **лишайники** 759, представляющие собой сожительство гриба и водоросли.

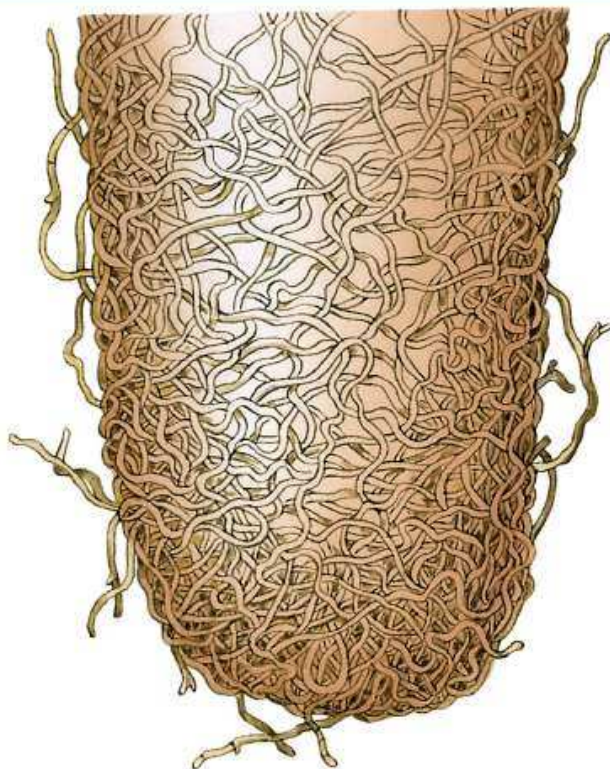


Рис. 128. Наружная микориза дуба

Другая форма симбиотических взаимоотношений у растений — сожительство гриба с корнями высших растений — **микориза** 766 (грибокорень). На корнях берёзы, сосны, дуба, а также орхидных, вересковых, брусничных и многих многолетних трав мицелий гриба образует толстый слой. Корневые волоски на корнях высших растений при этом не развиваются, а вода и минеральные соли поглощаются с помощью гриба. Мицелий гриба проникает даже внутрь корня, получая от растения-партнёра углеводы и доставляя ему воду и минеральные соли (рис. 128). Деревья с микоризой растут гораздо лучше, чем без неё.

Одна из широко распространённых форм симбиоза — взаимоотношения, при которых один вид получает пользу от сожительства, а другому это безразлично. В открытом океане крупных морских животных — акул, дельфинов, черепах — часто сопровождают небольшие **рыбы-лоцманы** 767. Лоцманы кормятся остатками пищи животных, которых они сопровождают, а также их экскрементами и паразитами. Близость к крупным хищникам защищает лоцманов от нападения. Такие отношения между видами называют **нахлебничеством** 767. Нахлебничество может принимать разные формы, например, гиены подбирают остатки недоеденной львами добычи.



Рис. 129. У рыбы-прилипалы есть специальные приспособления для прикрепления к крупным морским животным



Рис. 130. Квартиранство. Самка горчак откладывает икру в мантийную полость двустворчатого моллюска беззубки

Примером перехода нахлебничества в более тесные отношения между видами служат взаимоотношения **рыбы-прилипалы** 769 (рис. 129), обитающей в тропических и субтропических морях, с акулами и китообразными. Передний спинной плавник прилипалы преобразовался в присоску, с помощью которой та прочно удерживается на поверхности тела крупной рыбы. Биологический смысл прикрепления прилипал заключается в облегчении их передвижения и расселения. Прилипалы используют крупных рыб как «извозчиков».

Гораздо чаще тела животных или места их обитания (постройки) служат убежищем для более мелких животных. Эта форма взаимоотношений получила название **квартиранство** 772. В полости тела голотурии, называемой также морским огурцом, находят убежище разнообразные мелкие животные. Мальки рыб прячутся под зонтиками крупных медуз, где находятся под защитой щупалец, снабжённых стрекательными нитями. В гнёздах птиц, норах грызунов обитает огромное количество насекомых и клещей.

Особую важность приобретает использование надёжных убежищ для сохранения икры или молоди. Морские рыбы карепрокты откладывают икру под панцирь краба в его жаберную полость. Отложенные на жабры икринки развиваются в идеальных услови-



Рис. 131. Остатки пищи крупных хищников достаются птицам-падальщикам

ях снабжения чистой водой. Такое же приспособление выработалось у пресноводного **горчака** 774 , откладывающего икру в мантийную полость двустворчатых моллюсков — беззубок (рис. 130).

Растения тоже используют другие виды как места обитания. Примером могут служить **эпифиты** 775 (от греч. *эпи* — на, *сверх*, *фитон* — растение) — растения, поселяющиеся на деревьях. Эпифитами могут быть водоросли, лишайники, мхи, папоротники, цветковые. Древесные растения служат им местом прикрепления, но не источником питательных веществ или минеральных солей. Питаются эпифиты за счёт отмирающих тканей, выделений хозяина и путём фотосинтеза. В нашей стране эпифиты представлены главным образом лишайниками и некоторыми мхами.

Антибиоз 776 . Одна из самых распространённых форм антибиоза, имеющая большое значение в саморегуляции биоценозов, — **хищничество** 777 ▢. *Хищниками* называют животных (а также некоторые растения), питающихся другими животными, которых они ловят и умерщвляют (рис. 131). Объекты охоты хищников чрезвычайно разнообразны. Добывание жертвы требует много сил и энергии, охота часто оказывается неудачной. Узкая специализация, т. е. питание каким-либо одним предпочитаемым видом, поставила бы хищников в сильную зависимость от

его численности. Поэтому большинство хищников может переключаться с одной добычи на другую, которая в данный момент более доступна и многочисленна. Отсутствие специализации позволяет хищникам использовать самую разную пищу. Хотя у всех хищников есть предпочитаемые виды жертв, массовое размножение непривычных, нетипичных для вида объектов охоты заставляет переключаться именно на них. Так, соколы-сапсаны обычно добывают пищу в воздухе. Но при массовом размножении леммингов соколы начинают охотиться на них, схватывая добычу с земли.

Способность переключения с одного вида добычи на другой — одно из необходимых приспособлений в жизни хищников.

Хищничество встречается во всех крупных группах эукариотических организмов. Уже у одноклеточных поедание особей одного вида представителями другого вида — обычное явление (рис. 132). Медузы парализуют стрекательными клетками организмы, попадающие в сферу досягаемости их щупалец (у крупных форм — до 20—30 м в длину), хищные насекомые нападают на гусениц (рис. 133) и поедают их. Крупные лягушки нападают на птенцов и могут наносить серьёзный ущерб разведению водоплавающей домашней птицы. Змеи охотятся на амфибий, птиц

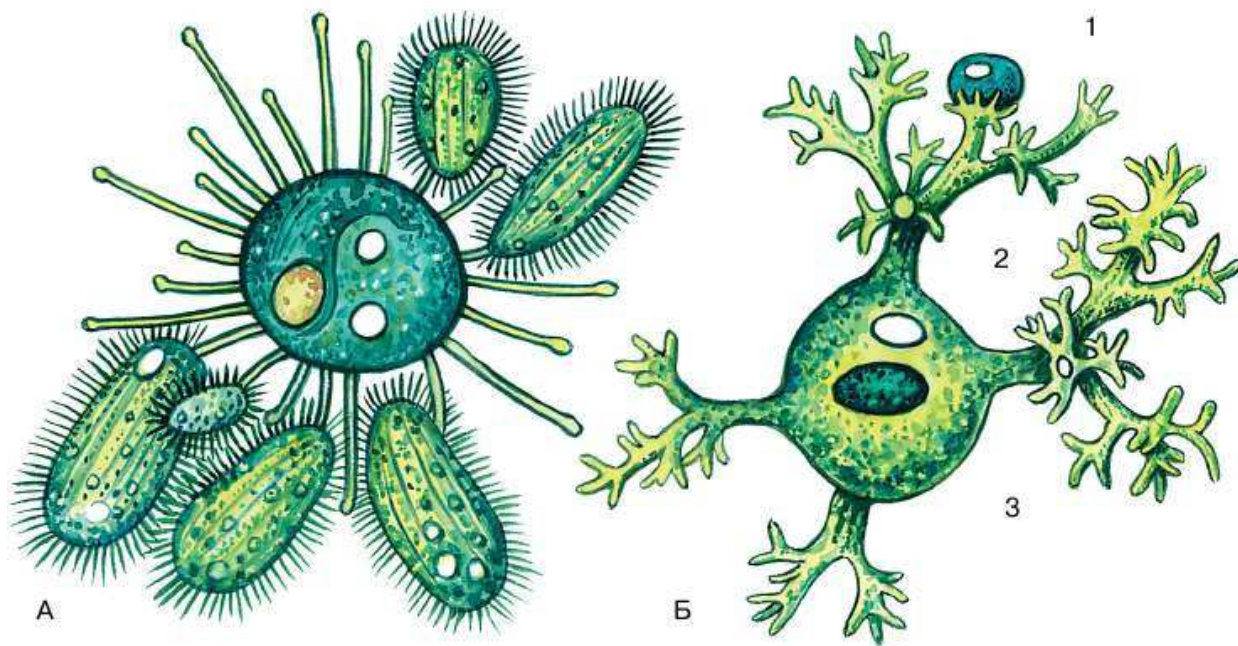


Рис. 132. Сосущие инфузории: А — сосущая инфузория, высасывающая при помощи щупалец шесть ресничных инфузорий одновременно; Б — сосущая инфузория с разветвлёнными щупальцами: 1 — пойманная ресничная инфузория; 2 — сократительная вакуоль; 3 — ядро (макронуклеус)



Рис. 133. Пилюльная оса заготавливает корм для своих личинок — помещает в изготовленную ею изящную глиняную вазу гусеницу

Рис. 134. Змея заглатывает добычу целиком благодаря легко растягивающемуся связочному аппарату, соединяющему верхнюю и нижнюю челюсти



и мелких млекопитающих (рис. 134). Нередко объектами их охоты бывают не только взрослые особи, но и яйца птиц. Гнёзда птиц, расположенные как на земле, так и на ветвях деревьев, буквально опустошаются змеями.

Частным случаем хищничества служит **каннибализм** 781 — поедание особей своего вида, чаще всего молоди. Он часто встречается у пауков (самки съедают самцов), у рыб (поедание мальков). Иногда самки млекопитающих съедают своих детёнышей.

Хищничество связано с овладением сопротивляющейся и убегающей добычей. Моллюски, мыши и полёвки не могут оказать сопротивления хищнику. Но иногда борьба хищника и жертвы превращается в ожесточённую схватку. Поэтому естественный отбор, действующий в популяции хищников, будет увеличивать эффективность поиска, ловли и поедания добычи. Этой цели служат такие **приспособления хищников** 782, как паутина пауков, ядовитые зубы змей, когти и клыки хищных млекопитающих и др. Вырабатывается сложное поведение, например согласованные действия волков в стае при охоте на оленей и многих других копытных.

Жертвы в процессе отбора совершенствуют **средства защиты и избегания хищников** 783. Сюда относятся покровительственная окраска, различные шипы и панцирь, приспособительное по-

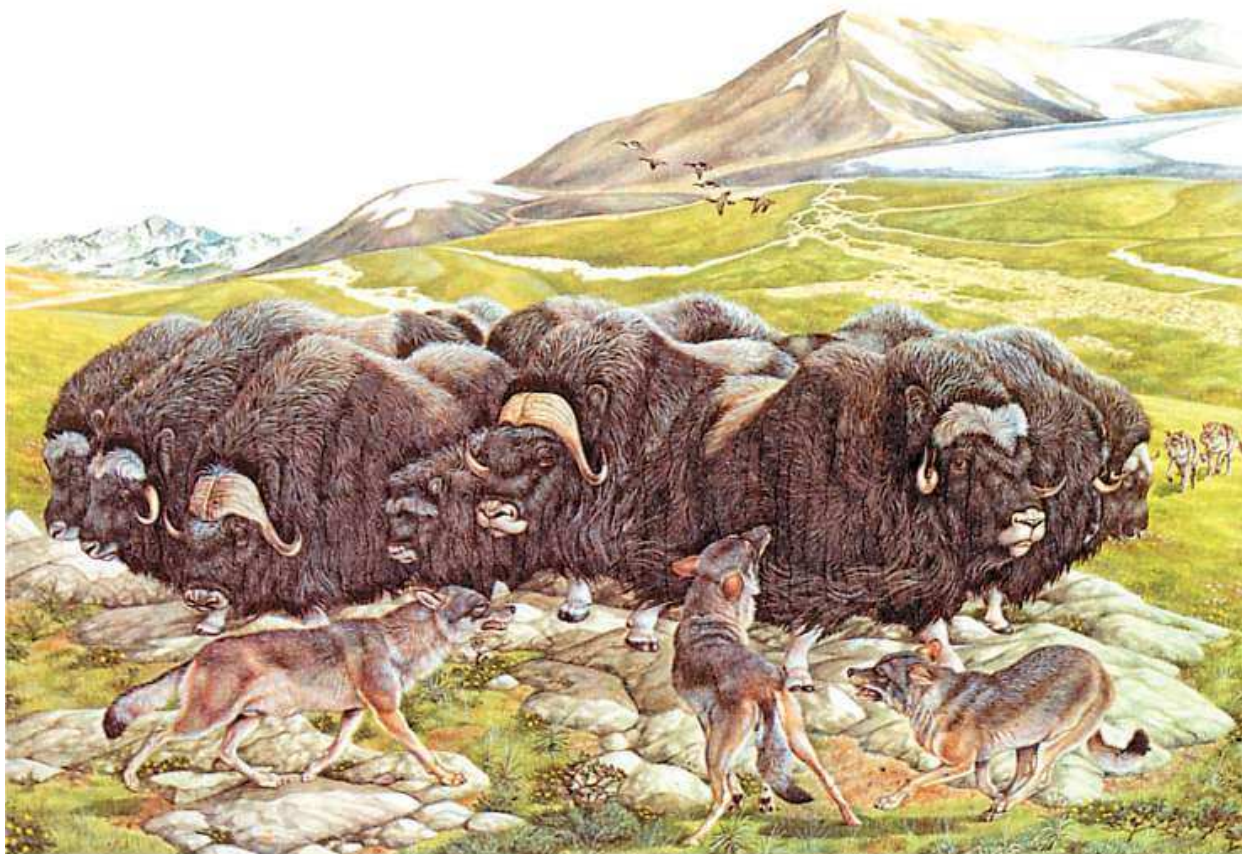


Рис. 135. Овцебыки при нападении волчьей стаи образуют плотное кольцо, защищая молодняк

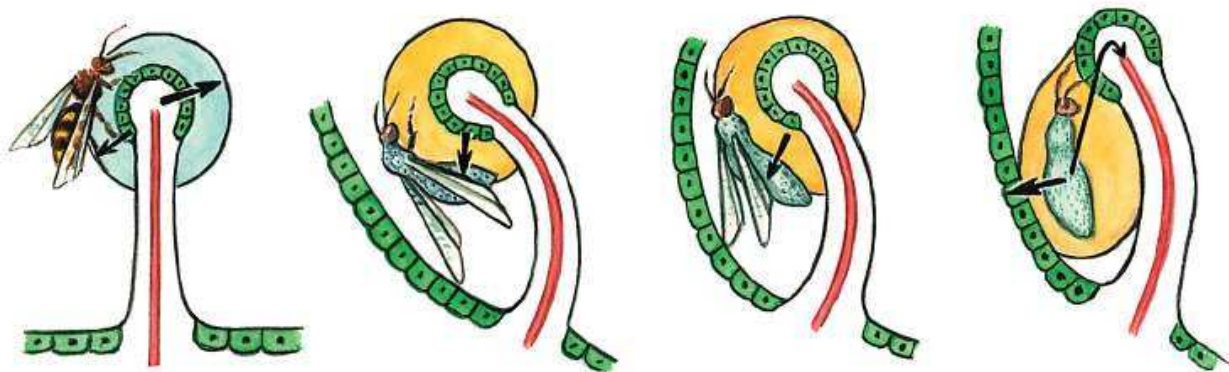


Рис. 136. Схема привлечения, захвата и переваривания добычи хищными растениями

ведение. При нападении хищника на стаю рыб все особи бросаются врассыпную, что увеличивает их шансы уцелеть. Напротив, скворцы, заметив сапсана, сбиваются в плотную кучу. В этом случае хищник избегает нападать на стаю, так как рискует получить увечья. Крупные копытные при нападении на них волков становятся в круг, выставив наружу рога, — занимают «круговую оборону» (рис. 135). Для волков вероятность отбить и зарезать отдельную особь в результате такого поведения стада значительно уменьшается. Поэтому они предпочитают нападать на старых или ослабленных болезнями животных, особенно отбившихся от стада.

В эволюции отношений «хищник — жертва» происходит постоянное совершенствование и хищников, и их жертв.

Потребность в азоте у растений, произрастающих на бедных питательными веществами почвах, промываемых водой, привела к возникновению **хищных растений** 780. Растения, относящиеся к семейству росянковых, обладают приспособлениями для ловли насекомых. У встречающейся в России росянки кругло-

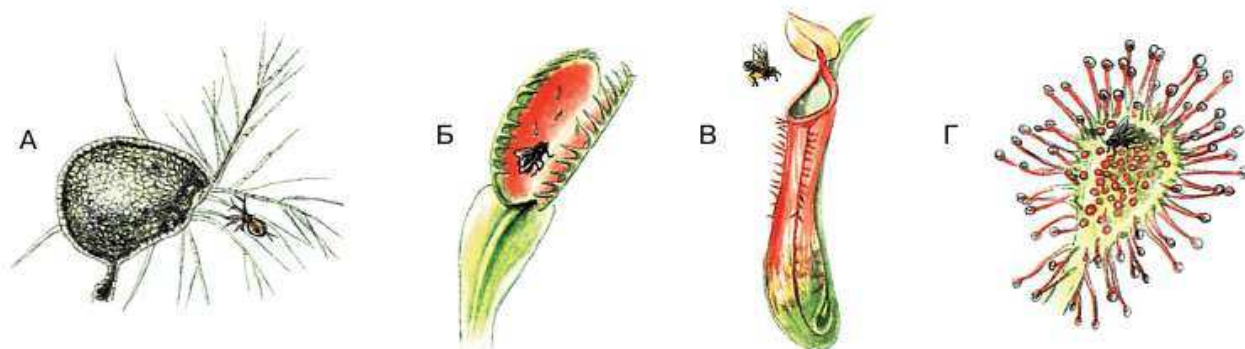


Рис. 137. Ловчие аппараты у хищных растений могут иметь разную форму: А — пузырчатка обыкновенная; Б — венерина мухоловка; В — непентес гибридный; Г — росянка круглолистная



Рис. 138. Хищное растение — венерина мухоловка. Когда насекомое касается волосков на её складывающихся листьях, ловушка захлопывается и жертва оказывается пойманной

листной листья собраны в прикорневую розетку. Вся верхняя сторона и края каждого листа усажены железистыми волосками. В центре листа волоски короткие, по краям — длинные. На кончике волоска — капелька липкой тягучей слизи. Мелкие мухи или муравьи садятся или вползают на лист и прилипают к нему. Насекомое бьётся, пытаясь освободиться, но все волоски потревоженного листа изгибаются навстречу добыче, обволакивая её слизью. Край листа медленно загибается, захватывая насекомое (рис. 136). Слизь, выделяемая волосками, содержит ферменты, и добыча вскоре переваривается. В тропиках росянки гораздо крупнее по размерам (до 60—100 см в высоту) и могут ловить не только насекомых (рис. 137, 138), но даже мелких позвоночных.

Организмы могут использовать другие виды не только как место обитания, но и как постоянный источник питания. Такая форма сожительства получила название **паразитизма** 784. Известно несколько десятков тысяч видов паразитических форм, из которых около 500 — паразиты человека. Рассмотрите рисунок 139. Обратите внимание на то, что паразитические организмы поражают практически все органы и ткани человека, в том

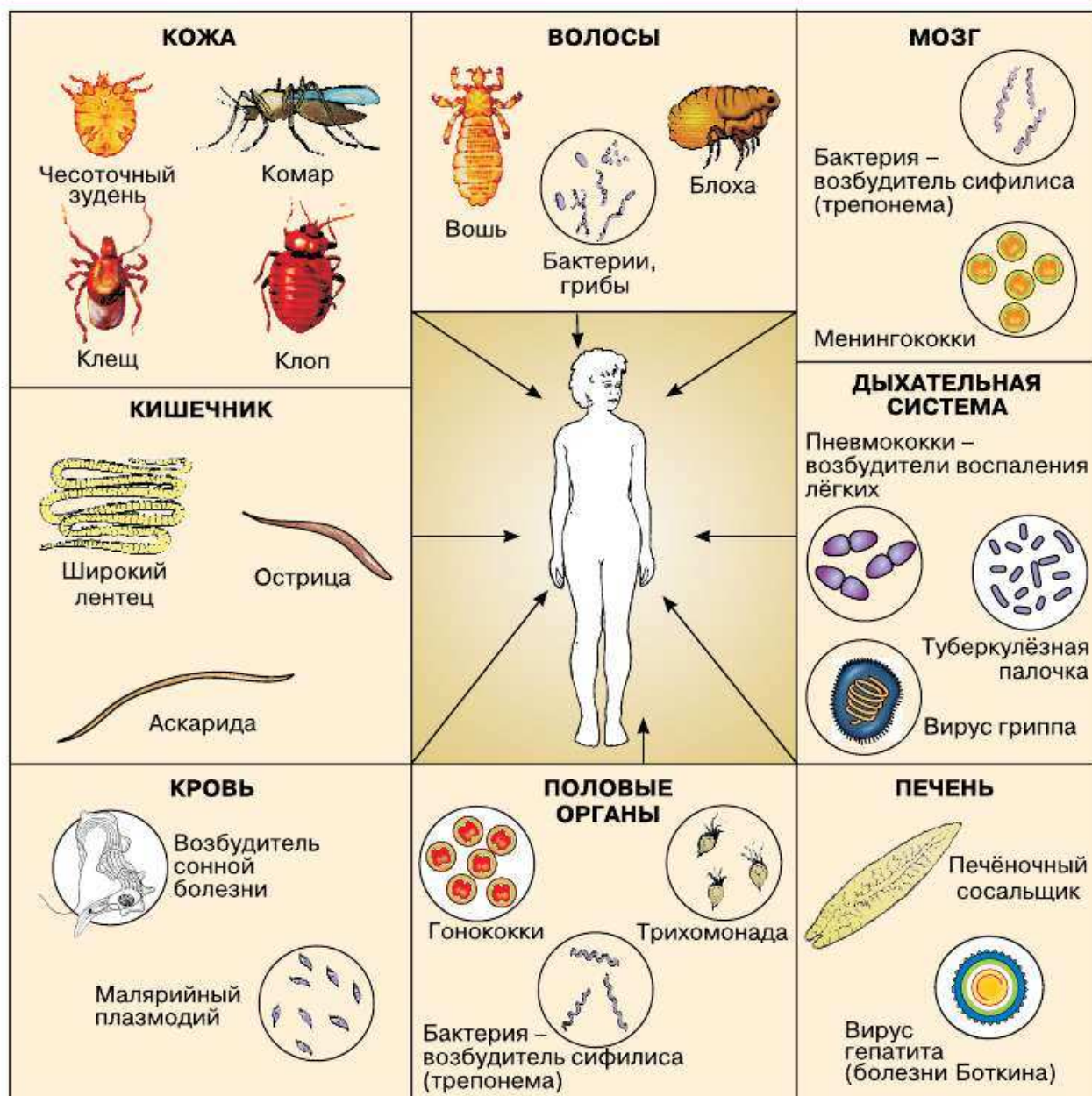


Рис. 139. Паразиты человека. Наружные паразиты — как правило, временные — располагаются на покровах тела, внутренние — чаще постоянные — обитают в полостях и тканях тела

числе и жизненно важные. Поэтому изучение паразитов необходимо для предупреждения и лечения заболеваний человека. Паразиты причиняют большой ущерб и сельскому хозяйству. Изучением их жизнедеятельности, путей распространения и разработкой мер борьбы с паразитарными заболеваниями занимается наука **паразитология** 785.

Переход вида к паразитизму резко увеличивает для него возможность выжить в борьбе за существование. Организм-хозяин

Рис. 140. Миноги прикрепляются ротовой присоской к телу рыбы.

На внутренней поверхности их ротовой полости имеются хитиновые зубы, которыми они «протирают» кожные покровы и прилегающие мышечные ткани своей жертвы. Присосавшись к жертве, минога питается соками её тела в течение нескольких дней или даже недель



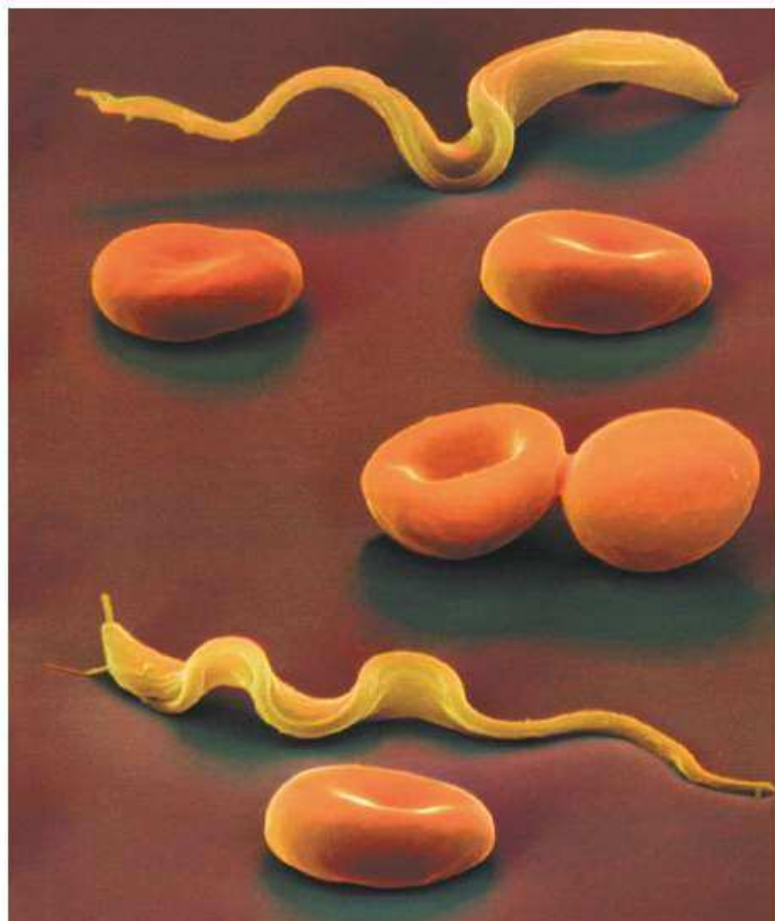
служит для паразита источником питания, очень часто — местом обитания, защитой от врагов. Тело хозяина создаёт для живущих в нём организмов благоприятный и относительно ровный микроклимат, не подверженный тем значительным колебаниям, которые всегда имеют место снаружи, во внешней среде.

Различают несколько форм паразитизма. Паразиты могут быть временными, когда организм-хозяин подвергается нападению на короткий срок, лишь на время питания (рис. 140). Таковы клопы, в частности постельный клоп, следующий за человеком по всему свету.

К **временным паразитам** 794 относятся слепни, комары, мухи-жигалки, блохи. Нередко на одного хозяина нападает много паразитов. В этих случаях организму хозяина наносится большой ущерб, и он может погибнуть.

При более тесном контакте паразита с хозяином преимущество получают организмы, способные использовать хозяина длительное время, не приводя его к слишком ранней гибели и обеспечивая себе тем самым наилучшее существование. Паразитизм становится постоянным. К числу **постоянных паразитов** 795 относятся простейшие (малярийный плазмодий, дизентерийная амёба), плоские черви (сосальщики, цепни), круглые черви (аскарида, трихина, власоглав и многие другие), членистоногие (чесоточный зудень, вши). Поскольку при постоянном паразитизме организм хозяина — единственное место обитания для паразита, с гибелью хозяина погибает и паразит. С течением времени отбор на сопротивляемость организма хозяина приводит к тому, что

Рис. 141. Возбудители сонной болезни — трипаносомы среди эритроцитов в препарате крови



вред от присутствия паразита становится менее ощутимым. Например, в крови африканских антилоп часто обнаруживаются жгутиковые простейшие — трипаносомы (рис. 141), переносчиком которых является кровососущая муха цеце. Антилопам трипаносомы ощутимого вреда не приносят. Но если эти простейшие попадают в кровь человека, у него развивается сонная болезнь, которая при отсутствии лечения приводит к смертельному исходу.

Таким образом, катастрофические последствия заражения паразитами наблюдаются в тех случаях, когда взаимоотношения «паразит — хозяин» не стабилизированы длительным естественным отбором. По этой причине гораздо больший вред сельскохозяйственным растениям и животным причиняют завозные вредители, чем местные.

От паразитов часто страдают и растения. Особенно широко распространены **паразитические бактерии** 787 и **грибы** 788. Они поселяются на вегетативных органах древесных и травянистых растений, вызывая у них заболевания.

Одни из самых процветающих паразитов высших растений — грибы рода Фитофтора. Некоторые виды этого рода поражают практически любые растения, так как они не специализированы к какой-то определённой группе растений. Другие избирательно поселяются на кокосовых пальмах, или на томатах, или на перце. Особую известность приобрёл вид фитофторы, поражающий картофель. В середине XIX в. вызванная грибом картофельная гниль распространилась по всей Европе и послужила причиной массового голода. И сейчас, несмотря на обработку посевного материала ядохимикатами и селекцию устойчивых к фитофторе сортов, наблюдаются вспышки картофельной гнили.

Другие низшие грибы — мучнисторосяные, ржавчинные и головнёвые — также наносят большой ущерб зерновым и другим сельскохозяйственным культурам.

Есть **паразиты среди цветковых растений** 789. Они особенно распространены в тропиках, но нередко встречаются и в умеренной зоне. У наружных паразитов большая часть тела находится вне хозяина, а в него проникают лишь органы питания — присоски. Один из наиболее распространённых наружных паразитов — повилика, растущая на многих видах трав и кустарников. Повилика обвивается вокруг стеблей растения-хозяина, внедряясь в них присосками. Листья у повилики отсутствуют: она питается только за счёт органических и минеральных веществ хозяина. На многих сельскохозяйственных растениях (подсолнечник, конопля, табак) паразитирует заразиха — бесхлорофилльное растение с толстым мясистым стеблем и бесцветными листьями.

Среди паразитических растений много видов, которые не утратили способности к фотосинтезу, содержат хлорофилл, а растение-хозяина используют как источник воды и минеральных солей. Такие растения называют **полупаразитами** 790. К ним относятся погребки, прикрепляющиеся к корням луговых трав, омела, поселяющаяся на ветвях древесных форм (липа, тополь и др.). Полупаразиты лишают хозяина значительной части минерального питания и оказывают на него иссушающее действие. Омела угнетает рост деревьев и при массовом развитии вызывает их усыхание.

В одном и том же растительном сообществе могут быть виды, поражённые паразитами и совсем не затронутые ими. В пределах одного вида часть особей также может быть свободна от паразитов. Вследствие этого конкурентоспособность растений в сообществах за свет, воду, минеральные соединения не одинакова. Среди факторов, определяющих устойчивость растений к пораже-

нию паразитами, ведущая роль принадлежит генотипу. Поэтому так важна селекционная работа, направленная на выведение сортов культурных растений, устойчивых к паразитам.

Образ жизни приводит к глубоким изменениям в строении и жизнедеятельности паразитов, служит причиной появления у них многих **особых приспособлений** 792 к условиям существования. У паразитов развиваются органы прикрепления — присоски, крючки, коготки и т. п. У кровососущих животных увеличивается вместимость пищеварительной системы за счёт появления слепых выростов кишечной трубки (клещи, пиявки). Многие паразиты утрачивают отдельные органы и целые системы — органы зрения, передвижения, у них упрощается строение органов чувств. У ленточных червей, всасывающих в кишечнике хозяина питательные вещества поверхностью тела, отсутствует пищеварительная система. Растения-паразиты утрачивают различные вегетативные органы — корни, листья.

Таким образом, по сравнению со свободноживущими видами строение паразитов упрощается. Взамен утраченных органов, свойственных свободноживущим видам, сильно развивается половая система. Паразитические формы характеризуются очень **высокой плодовитостью** 793. Так, свиной цепень за сутки может выделить до 5 млн яиц. В громадном количестве образуются семена растений-паразитов, к тому же обладающие долговечностью и сохраняющие всхожесть многие годы. Всё это увеличивает вероятность контакта с организмом-хозяином.

Своеобразна форма паразитизма, при которой паразит использует для питания не ткани и соки организма хозяина, а пищу, предназначенную для его потомства. Есть мухи, откладывающие яйца в гнёзда одиночных ос, где личинки мух питаются парализованными гусеницами, заготавливаемыми осой для своего потомства.

Муха, готовая к откладке яиц, следует за осой, которая и «приводит» её к своему гнезду. Дождавшись, когда оса улетит, муха проникает в гнездо и откладывает яйца. Из них сразу же вылупляются личинки, и развитие паразита совершается быстрее, чем развитие хозяина. Такая форма паразитизма получила название **гнездового** 791. Гнездовой паразитизм свойствен и позвоночным животным. Обыкновенная кукушка откладывает свои яйца в гнёзда более 100 видов птиц, преимущественно мелких воробьиных. Кукушка откладывает по одному яйцу непосредственно в гнёзда птиц другого вида в отсутствие хозяев (см. рис. 88). Она может их также отложить на землю, а потом перенести в клюве

в гнездо. Птенцы паразитического вида развиваются быстрее, чем птенцы хозяина. Вылупившийся кукушонок выталкивает яйца своих хозяев, подлезая под них так, что яйцо оказывается у кукушонка на спине (рис. 142). Точно так же он поступает с птенцами, если они успевают появиться на свет. Оставшись один, птенец кукушки получает всю пищу, приносимую приёмными родителями, и быстро растёт.

В тех случаях, когда паразиты поселяются в теле другого животного или человека, они зачастую оказывают неблагоприятное воздействие на хозяина. Механические повреждения причиняют личинки паразитических червей, когда они проходят через кожу или стенки сосудов или полостей. Крупные паразиты — лентецы, цепни, аскариды — могут образовывать клубки и закрывать просвет кишечника и даже вызывать разрыв его стенки.

Токсическое действие на организм хозяина оказывают продукты жизнедеятельности паразитов. Например, при выходе одноклеточных простейших — малярийных плазмодиев из эритроцитов в плазму крови туда же поступают и продукты их обмена. В результате у больного повышается температура — развивается приступ лихорадки.

Нередко паразиты поселяются в теле хозяев в массовых количествах (рис. 143), что резко ослабляет животных, делая их лёгкой добычей хищников. В сельском хозяйстве огромный вред причиняют оводы, личинки которых паразитируют на лошадях,

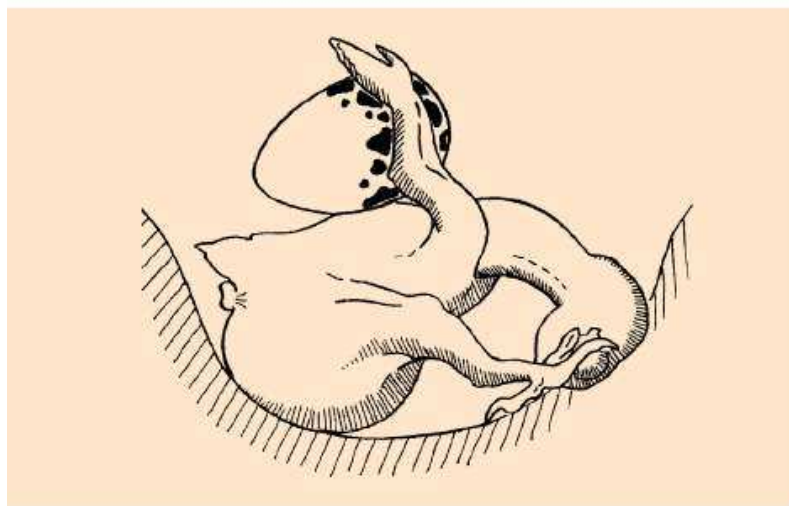
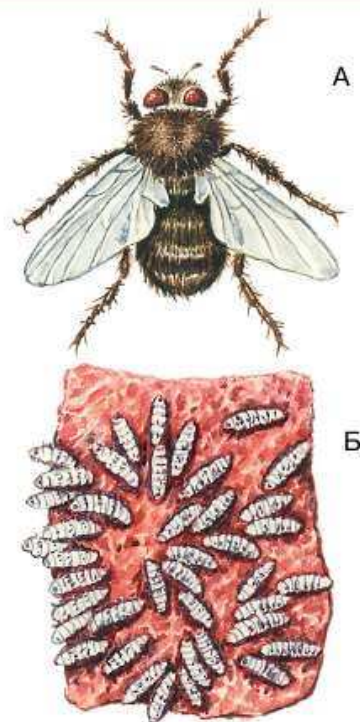


Рис. 142. Птенец кукушки выталкивает яйцо

Рис. 143. Желудочный овод: А — взрослое насекомое; Б — его личинки на внутренней стенке желудка лошади



ослах, овцах, северных оленях. Личинки разных видов могут внедряться под кожу животных, в желудочно-кишечный тракт, вызывая образование язв в его слизистой оболочке, в носоглоточной полости.

Некоторые паразиты не только снижают жизнедеятельность человека, но зачастую приводят к инвалидности. В странах с тропическим и субтропическим климатом широко распространены круглые черви-нитчатки, получившие это название благодаря нитевидной форме тела. Они имеют 5—10 см в длину и 0,2—0,36 мм в толщину. Поселяясь в лимфатических сосудах, нитчатки могут закупоривать их просвет и тем самым нарушать отток лимфы. Объём поражённого органа резко увеличивается, достигая громадных размеров. Если закупориваются лимфатические сосуды нижних конечностей, развивается слоновость.

В практической деятельности человека большой интерес представляет использование паразитов для борьбы с переносчиками возбудителей инфекционных заболеваний или с вредителями сельского хозяйства. Существуют паразитические низшие грибы, которые поражают насекомых или их личинок. Часто встречается заболевание комнатной мухи — микоз, вызываемое грибом. В отдельные годы наблюдается массовая гибель гусениц бабочек, жуков, поражённых грибами. Особенно важно то, что такие паразиты есть и у насекомых, имеющих медицинское значение, — комаров. В настоящее время предпринимаются попытки культивирования грибов — паразитов насекомых. Достигнуты определённые успехи в снижении численности златогузки, тлей, сосновой совки путём заражения насекомых-вредителей грибами.

В **биологических методах борьбы с вредителями** 798 сельского хозяйства начинают широко использовать форму паразитизма, сопровождающуюся обязательной гибелью хозяина. Известны **насекомые-наездники** 799, которые откладывают свои яйца в яйца других насекомых — капустной совки, клопов-черепашек и др., в тело взрослых тлей или гусениц различных бабочек (рис. 144, 145). Личинки наездников развиваются за счёт тканей своих хозяев, которые при этом погибают. Некоторые наездники способны даже пробуравливать своим длинным яйцекладом кору деревьев и древесину, откладывая яйца в личинок жуков-дровосеков. Наездников стали разводить в лабораториях и с их помощью эффективно снижать численность вредителей.

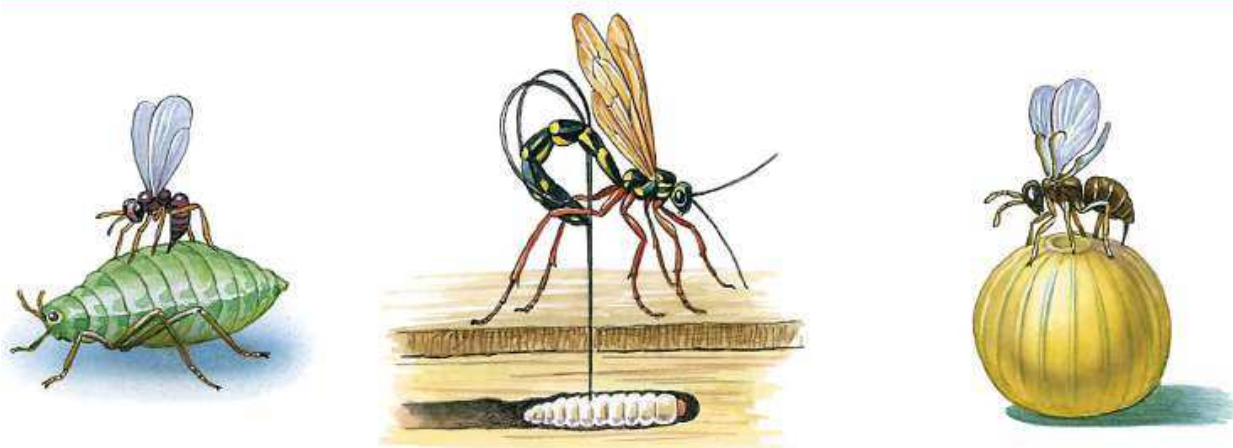


Рис. 144. Самки различных видов наездников откладывают яйца в тело хозяина

Рис. 145. Наездник откладывает яйца в тлю (слева), молодой наездник выходит из тли (справа)



Биологические методы борьбы с вредителями приобретают всё большее значение и в будущем позволят сократить применение ядохимикатов в сельском хозяйстве.

Одна из форм отрицательных взаимоотношений между видами — **конкуренция** 800 ▶, которая возникает, если у двух близких видов сходные потребности. Если представители таких видов обитают на одной территории, они находятся в невыгодном положении: уменьшаются их возможности овладения пищевыми ресурсами, убежищами, местами для размножения и т. д. Формы конкурентного взаимодействия могут быть самыми разнообразными — от прямой физической борьбы до мирного совместного существования. Тем не менее, если организмы двух видов с одинаковыми потребностями оказываются в одном сообществе, рано или поздно один конкурент вытеснит другого. Как правило, вытесняются представители того вида, интенсивность и скорость размножения которого ниже. Эта закономерность, описанная отечественным учёным Г. Гаузе, получила название «правило конкурентного исключения». Ч. Дарвин считал конкуренцию одной из важнейших составных частей межвидовой борьбы за существование, играющей большую роль в эволюции.

В результате конкуренции в биоценозе совместно уживаются только те виды, которые смогли разойтись в своих требованиях к условиям жизни. Например, копытные африканских саванн по-разному используют пастбищный корм: зебры обрывают верхушки трав, антилопы кормятся тем, что оставляют им зебры, выбирая при этом определённые виды растений, газели выщипывают самые низкие травы, а антилопы топпи едят сухие стебли, оставшиеся после других травоядных.

Все перечисленные формы биологических связей между видами служат регуляторами численности животных и растений в биоценозе, определяя его устойчивость.



Вопросы для повторения и задания

1. Составьте схему, иллюстрирующую многообразие взаимоотношений между организмами.
2. Приведите примеры различных вариантов симбиоза и отметьте положительные стороны такого типа взаимодействия для партнёров.
3. Согласно иной классификации, биотические взаимоотношения — нахлебничество и квартирантство относят к комменсализму — полезно-нейтральным взаимодействиям. Объясните происхождение этого термина.
4. Дайте определение хищничества и приведите примеры из животного и растительного мира.
5. Что такое паразитизм? Расскажите о разных формах паразитизма; приведите примеры.
6. К каким изменениям в строении тела и процессах жизнедеятельности приводит паразитический образ жизни?
7. Как человек использует паразитов в своей практической деятельности?
8. Из предыдущих курсов биологии вспомните, какие паразитические черви могут представлять опасность для человека. В чём проявляется их отрицательное воздействие на человека? Какие меры профилактики позволяют избежать поражения?
9. Рассмотрите рисунок 140. Известно, что многие рыбы погибают от нанесённых миногой многочисленных ран. Можно ли в этом примере чётко определить, являются ли данные взаимоотношения примером паразитизма или хищничества? Аргументируйте свой ответ.

10. Приведите известные вам примеры внутривидовой и межвидовой конкуренции в природе. Постарайтесь объяснить, в чём их различия, а в чём — сходство.
11. Составьте подробный план параграфа.



Работа с дополнительными источниками информации

- **Обратитесь к дополнительным печатным источникам информации** — энциклопедиям, монографиям, периодическим научным изданиям.
- **Обратитесь к электронному приложению**, материалы которого являются дополнительным источником информации, раскрывающим содержание ключевых понятий параграфа. Выполните задания Т156—Т159.
- **Подготовьтесь к следующему уроку.** Используя дополнительные источники информации (книги, статьи, ресурсы сети Интернет и др.), сделайте сообщение по ключевым словам и словосочетаниям следующего параграфа.

Глава

17

Биосфера и человек

Современный человек сформировался около 30—40 тыс. лет назад. С этого времени в эволюции биосферы стал действовать новый фактор — *антропогенный* (от греч. *антропос* — человек).

Первая созданная человеком культура — *палеолит* (каменный век) — продолжалась примерно 20—30 тыс. лет; она совпала с длительным периодом оледенения. Экономической основой жизни человеческого общества была охота на крупных животных: благородного и северного оленя, шерстистого носорога, осла, лошадь, мамонта, тура. На стоянках человека каменного века находят многочисленные кости диких животных — свидетельство успешной охоты.

Интенсивное истребление крупных травоядных животных привело к сравнительно быстрому сокращению их численности и исчезновению многих видов.

Если мелкие травоядные могли восполнять потери от преследования охотниками благодаря высокой рождаемости, то крупные животные в силу эволюционной истории были лишены этой возможности. Дополнительные трудности для травоядных животных возникли вследствие изменения природных условий в конце палеолита. Около 10—13 тыс. лет назад наступило резкое потепление, ледник отступил, в Европе распространились леса, вымерли крупные животные. Это создало новые условия жизни, разрушило сложившуюся экономическую базу человеческого общества. Закончился период чисто потребительского отношения к окружающей среде, характеризовавшийся только использованием пищи, уже приготовленной природой.

В следующую эпоху — *неолита* — наряду с охотой (на лошадь, дикую овцу, благородного оленя, кабана, зубра, козла и т. д.), рыбной ловлей и собирательством (моллюски, орехи, ягоды, плоды) всё большее значение приобретает процесс производства пищи. Делаются первые попытки одомашнивания животных и разведения растений, зарождается производство керамики. Уже 9—10 тыс. лет назад существовали поселения, среди остатков которых находят пшеницу, ячмень, чечевицу, кости домашних животных — коз, овец, свиней. В разных местах Передней и Средней Азии, Кавказа, Южной Европы развиваются зачатки земледельческого и скотоводческого хозяйства. Широко используется огонь — и для уничтожения растительности в условиях подсечного земледелия, и как средство охоты. Начинается освоение минеральных ресурсов, зарождается металлургия.

Рост населения, качественный скачок в развитии науки и техники за последние два столетия, особенно в наши дни, привели к тому, что деятельность человека стала фактором планетарного масштаба, направляющей силой дальнейшей эволюции биосферы.

В. И. Вернадский считал, что влияние научной мысли и человеческого труда обусловило переход биосферы в новое состояние — *ноосферу*, сферу разума.

Сейчас человечество использует для своих нужд всё большую часть территории планеты и всё большие количества минеральных ресурсов. Рассмотрим современное состояние биосферы и перспективы её развития.

54. Природные ресурсы и их использование

Вспомните!

- Биогенное вещество • Антропоценозы • Атмосфера
- Круговорот веществ в природе

Биологические, в том числе пищевые, ресурсы планеты обуславливают возможность жизни человека на Земле, а минеральные и энергетические служат основой его материального производства.

Среди природных богатств планеты различают неисчерпаемые и исчерпаемые ресурсы.

Неисчерпаемые ресурсы 801. Неисчерпаемых природных ресурсов не так уж много. Они подразделяются на космические, климатические и водные. Это энергия солнечной радиации, морских волн, ветра. С учётом огромной воздушной и водной массы планеты неисчерпаемыми считают атмосферный воздух и воду. Это утверждение спорно. Например, пресную воду можно рассматривать как ресурс исчерпаемый, поскольку во многих регионах земного шара возник острый дефицит воды. Уже идёт речь и о неравномерности её распределения, и о невозможности её использования ввиду загрязнения. Всё шире распространяются способы опреснения морской воды с целью её использования для хозяйственных нужд и для питья. Условно неисчерпаемым ресурсом считают и кислород атмосферы. Современные учёные-экологи полагают, что при современном уровне технологии использования атмосферного воздуха и воды эти ресурсы можно рассматривать как неисчерпаемые только при разработке и реализации крупномасштабных программ, направленных на их восстановление.

Исчерпаемые ресурсы делят на **возобновляемые** 803 (растительный и животный мир, плодородие почв) и **невозобновляемые** 804 (полезные ископаемые).

В настоящее время человек вовлёл в сферу своей промышленной деятельности большую часть известных минеральных ресурсов. Из земных недр извлекается всё больше различных руд, каменного угля, нефти и газа. Научно-технический прогресс открывает всё новые области применения чёрных и цветных металлов, различного неметаллического сырья. В результате рас-

ширятся разработка бедных руд, увеличивается добыча нефти со дна моря. В хозяйственный оборот вовлекаются новые территории, растёт использование древесины и промысловых животных. Подвергаются обработке значительные площади суши с целью выращивания растительных продуктов питания и создания кормовой базы для животноводства.

В современных условиях значительная часть поверхности Земли распахана или представляет собой полностью или частично окультуренные пастбища для домашних животных. Развитие промышленности и сельского хозяйства потребовало больших площадей для строительства городов, промышленных предприятий, разработки полезных ископаемых, сооружения коммуникаций. Всего, таким образом, около 20% суши, пригодной для обработки, к настоящему времени преобразовано деятельностью человека.

Значительные площади поверхности суши исключены из хозяйственной деятельности человека вследствие накопления на них промышленных отходов и невозможности использования районов, где ведётся разработка и добыча **полезных ископаемых** 805. На прилегающих территориях создаются отвалы, карьеры, терриконы — земляные конусы, провальные воронки, возникающие на местах пустот под землёй (рис. 146, 147).

Из числа возобновляемых природных ресурсов большую роль в жизни человека играет **лес** 806 — важный географический и экологический фактор. Леса предотвращают эрозию почвы, задерживают поверхностные воды, т. е. служат влагонакопителями, способствуют поддержанию уровня грунтовых вод. В лесах обитают животные, представляющие материальную и эстетическую ценность: копытные, пушные звери и другая дичь. В нашей стране леса занимают около 760 млн га, или 33% всей её суши, и являются одним из основных природных богатств.

Несмотря на длительную историю культурного земледелия, дикая природа продолжает служить для человека существенным источником продуктов питания. В первую очередь это **рыболовство** 807. В разных странах мира в белковом рационе человека рыба составляет от 17 до 83%. Из неё получают витамины групп D и E, кормовую муку для скота, малоценные сорта рыб перерабатывают на удобрение для полей. Около 90% рыбных богатств сосредоточено в морях. При этом большая часть приходится на материковый шельф — на прибрежные воды глубиной до 200 м,



Рис. 146. Огромные отвалы возникают в местах земляных работ

Рис. 147. Громадные площади выводятся из хозяйственного оборота в результате открытых разработок полезных ископаемых. Такие изменения ландшафта влияют и на водный баланс



составляющие всего 8% площади Мирового океана. Населённость остальной акватории Мирового океана гораздо ниже, и соответственно здесь значительно выше трудности лова.

Важный объект морского промысла — водные млекопитающие. Добыча китов составляет несколько десятков тысяч особей в год. Киты и ластоногие служат источником мяса, жира; некоторые виды добывают ради шкур с прочным и красивым мехом.

Значение диких растений и животных для человека 808 далеко не исчерпывается пищевой и хозяйственной ценностью. Подавляющее большинство их необходимы как обязательные компоненты биоценозов, без них понятие «природа» просто утрачивает своё значение. Растения, например **лекарственные** 809, приносят человеку ощутимую пользу. Дикорастущие виды до сих пор являются исходным материалом для селекции. Среди диких животных есть виды, перспективные для одомашнивания.

Таким образом, человечество интенсивно потребляет как живые, так и минеральные природные ресурсы. Однако такое использование окружающей среды имеет свои отрицательные последствия.



Вопросы для повторения и задания

1. Сравните влияние на окружающую среду деятельности первобытного и современного человека.
2. К какому периоду развития человеческого общества относится зарождение сельскохозяйственного производства?
3. Охарактеризуйте неисчерпаемые природные ресурсы. Расскажите, как человек их использует.
4. Что такое исчерпаемые природные ресурсы?
5. Охарактеризуйте возобновимые и невозобновимые ресурсы своего региона.
6. Обозначьте на карте своего региона месторождения полезных ископаемых.
7. Попробуйте оценить, какой процент территории региона, где вы живёте, преобразован хозяйственной деятельностью человека.
8. Согласны ли вы с утверждением, что воздух и воду можно отнести к неисчерпаемым ресурсам? Обоснуйте свою точку зрения.
9. Какие ресурсы мы относим к природным, а какие — к искусственным, созданным человеком?



Работа с дополнительными источниками информации

- **Обратитесь к дополнительным печатным источникам информации** — энциклопедиям, монографиям, периодическим научным изданиям.
- **Обратитесь к электронному приложению**, материалы которого являются дополнительным источником информации, раскрывающим содержание ключевых понятий параграфа. Выполните задания Т160, Т161.
- **Подготовьтесь к следующему уроку.** Используя дополнительные источники информации (книги, статьи, ресурсы сети Интернет и др.), сделайте сообщение по ключевым словам и словосочетаниям следующего параграфа.

55. Последствия хозяйственной деятельности человека для окружающей среды

Вспомните!

- Сернистый ангидрид • Тетраэтилсвинец • Бензопирен
- Озон • Фреоны • Пестициды • Ионизирующая радиация
- Эрозия почвы

Степень воздействия человека на окружающую среду зависит от плотности населения. Однако при современном уровне развития производительных сил деятельность человеческого общества сказывается на биосфере в целом.

Загрязнение воздуха 810. В процессе своей деятельности человек загрязняет воздушную среду. Над городами и промышленными районами в атмосфере возрастает концентрация газов, которые в воздухе сельской местности обычно содержатся в небольших количествах или совсем отсутствуют. Загрязнённый воздух вреден для здоровья. Вредные газы, соединяясь с атмосферной влагой и выпадая в виде **кислотных дождей** 811, ухудшают качество почвы и снижают урожай.

Основные причины загрязнения атмосферы — сжигание природного топлива и металлургическое производство. Если в XIX и в начале XX в. поступающие в окружающую среду продукты сгорания угля и жидкого топлива почти полностью ассимилировались растительностью Земли, то в настоящее время содержание вредных продуктов сгорания неуклонно возрастает. Из печей, топок, выхлопных труб автомобилей в воздух попадает целый ряд загрязняющих веществ. Среди них особенно выделяется сернистый ангидрид — ядовитый газ, легко растворимый в воде.

Концентрация сернистого газа в атмосфере особенно высока в окрестностях медеплавильных заводов. Он вызывает разрушение хлорофилла, недоразвитие пыльцевых зёрен, засыхание и опадание листьев хвои. Каждый год в результате сжигания топлива в атмосферу поступают миллиарды тонн CO_2 . Половина диоксида углерода, образующегося при сгорании ископаемого топлива, поглощается океаном и зелёными растениями, половина остаётся в воздухе. Содержание CO_2 в атмосфере постепенно воз-

растает и за последние 100 лет увеличилось более чем на 10%. CO_2 препятствует тепловому излучению в космическое пространство, создавая так называемый **парниковый эффект** 812. Изменение содержания CO_2 в атмосфере в значительной мере влияет на климат Земли.

Промышленные предприятия и автомобили служат причиной поступления в атмосферу многих ядовитых соединений — оксидов азота, оксида углерода, соединений свинца (каждый автомобиль выделяет за год 1 кг свинца), различных углеводородов — ацетилена, этилена, метана, пропана, толуола, бензопирена и др. Вместе с капельками воды они образуют ядовитый туман — смог, вредно действующий на организм человека, на растительность городов. Жидкие и твёрдые частицы (пыль), взвешенные в воздухе, уменьшают количество солнечной радиации, достигающей поверхности Земли. Так, в больших городах солнечная радиация уменьшается на 15%, ультрафиолетовое излучение — на 30% (а в зимние месяцы оно может совсем исчезнуть).

Загрязнение пресных вод 813. Масштабы использования водных ресурсов быстро увеличиваются. Это связано с ростом населения и улучшением санитарно-гигиенических условий жизни человека, развитием промышленности и орошаемого земледелия. Суточное потребление воды на хозяйственно-бытовые нужды в сельской местности составляет 50 л на одного человека, в городах — 150 л.

Огромное количество воды используется в промышленности. На выплавку 1 т стали необходимо 200 м^3 воды, 1 т никеля — 4000 м^3 . На производство 1 т бумаги требуется 100 м^3 воды, на изготовление 1 т синтетического волокна — от 2500 до 5000 м^3 . Промышленность поглощает 85% всей воды, расходуемой в городах, оставляя на хозяйственно-бытовые цели около 15%.

Ещё больше воды необходимо для **орошения** 814. В течение года на 1 га поливных земель уходит $12\text{—}14 \text{ м}^3$ воды. В нашей стране ежегодно на орошение расходуется более 150 км^3 , в то время как на все другие нужды — около 50 км^3 .

Постоянное увеличение водопотребления на планете ведёт к «водному голоду», что обуславливает необходимость разработки мероприятий по рациональному использованию водных ресурсов.

В реки и озёра поступают и вымываемые из почвы дождями минеральные удобрения — нитраты и фосфаты, способные в

больших концентрациях резко изменять видовой состав водоёмов, а также различные ядохимикаты — пестициды, используемые в сельском хозяйстве для борьбы с насекомыми-вредителями. Для аэробных организмов, обитающих в пресных водах, неблагоприятным фактором служит и сброс предприятиями тёплых вод. В тёплой воде кислород плохо растворяется, и его дефицит может приводить к гибели многих организмов.

Загрязнение Мирового океана 815. Значительному загрязнению подвергаются воды морей и океанов. С речным стоком, а также от морского транспорта в моря поступают вредные отходы, нефтепродукты, соли тяжёлых металлов, ядовитые органические соединения, в том числе пестициды. Загрязнение морей и океанов достигает таких масштабов, что в ряде случаев выловленные рыбы и моллюски оказываются непригодными для употребления в пищу. **Пестициды** 816 (от лат. *пестис* — зараза и *цедере* — убивать), используемые в сельском хозяйстве для борьбы с насекомыми-вредителями, обнаружены даже в организме пингвинов, обитающих в Антарктиде.

Антропогенные изменения почвы 817. Плодородный слой почвы формируется очень долго. В то же время ежегодно вместе с урожаем из почвы изымаются десятки миллионов тонн азота, калия, фосфора — главных компонентов питания растений. Основной фактор плодородия почвы — перегной (гумус) — составляет в чернозёмах менее 5% от массы пахотного слоя. На бедных почвах перегной ещё меньше. При отсутствии пополнения почв соединениями азота его запас может быть израсходован за 50—100 лет. Этого не происходит, поскольку культурное земледелие предусматривает внесение в почву органических и неорганических (минеральных) **удобрений** 818.

Внесённые в почву азотные удобрения используются растениями на 40—50%. Остальная часть (около 20%) восстанавливается микроорганизмами до газообразных веществ — N_2 , N_2O и улетучивается в атмосферу или вымывается из почвы. Таким образом, минеральные азотные удобрения быстро расходуются, поэтому их приходится вносить ежегодно. При недостаточном применении органических и неорганических удобрений почва истощается и урожаи снижаются.

К числу антропогенных изменений почвы относится **эрозия** 819 (от лат. *эрозио* — разъедание). Эрозия представляет собой разрушение и снос почвенного покрова потоками воды или вет-

ром. Широко распространена и наиболее разрушительна водная эрозия. Она возникает на склонах и развивается при неправильной обработке земли.

Ветровая эрозия наиболее сильно проявляется в южных степных областях нашей страны. Она возникает в районах с сухой обнажённой почвой, с изреженным растительным покровом. Чрезмерный выпас скота в степях и полупустынях способствует ветровой эрозии и быстрому разрушению травяного покрова. Для восстановления слоя почвы толщиной 1 см в естественных условиях требуется 250—300 лет. Следовательно, пыльные бури чреваты невосполнимыми потерями плодородного слоя почвы.

Значительные территории со сформированными почвами изымаются из сельскохозяйственного оборота вследствие **открытого способа разработки полезных ископаемых** 820, залегающих на небольшой глубине. Вырытые глубокие карьеры и отвалы грунта разрушают не только земли, подлежащие разработке, но и окружающие территории, при этом нарушается гидрологический режим местности, загрязняются воды, почва и атмосфера, снижается урожай сельскохозяйственных культур. В районах **подземной добычи полезных ископаемых** 821 формируется провально-терриконовый тип местности. Эти две особенности рельефа тесно связаны друг с другом: провалы образуются в результате возникновения пустот под земной поверхностью, а терриконы (земляные конусы) — в тех местах, где складывают пустую породу. Терриконы возникают не только вокруг шахт, но и около заводов, электростанций и других промышленных предприятий. Они занимают много места, сильно пылят при ветре.

Влияние человека на растительный и животный мир 822 ▢. Воздействие человека на живую природу складывается из прямого влияния и косвенного изменения природной среды. Одна из форм прямого воздействия на растения и животных — рубка леса.

Выборочные и санитарные рубки, регулирующие состав и качество леса и необходимые для удаления повреждённых и больных деревьев, существенно не влияют на видовой состав лесных биоценозов. Другое дело — сплошная вырубка древостоя. Оказавшись внезапно в условиях открытого местообитания, растения нижних ярусов леса испытывают неблагоприятное влияние прямого солнечного излучения. У тенелюбивых растений травянистого и кустарничкового ярусов разрушается хлорофилл, прекращается рост, а некоторые виды исчезают. На месте вырубок поселяются

светлюбивые растения, устойчивые к повышенной температуре и недостатку влаги. Меняется и животный мир: виды, связанные с древостоем, исчезают или мигрируют в другие места. К вытеснению природных видов приводит и освоение земель под плантации культурных растений, т. е. создание агроценозов.

Ощутимое воздействие на состояние растительного покрова оказывает массовое посещение лесов отдыхающими и туристами, следствием чего бывают **лесные пожары** 823 (рис. 148), а также вытаптывание, уплотнение почвы и её загрязнение. Уплотнение почвы угнетает корневую систему и приводит к засыханию растений. Вытаптывание трав нарушает существенные этапы круговорота веществ, обрекая деревья на голодание. Прямое влияние человека на животный мир заключается в истреблении видов, представляющих для него пищевую или другую ценность.

Считается, что с 1600 г. человеком было истреблено более 160 видов и подвидов птиц и не менее 100 видов млекопитающих. В длинном списке **исчезнувших по вине человека видов** 824 значится тур — дикий бык, живший на всей территории Европы.



Рис. 148. Лесные пожары, как следствие неосторожного обращения с огнём, приводят к массовой гибели растений и животных

В XVIII в. была истреблена описанная немецким натуралистом Г. В. Стеллером морская корова (стеллерова корова) — водное млекопитающее, относящееся к отряду сиреновых. Немногим более ста лет назад исчезла дикая лошадь тарпан, обитавшая на юге России. Многие виды животных находятся на грани вымирания или сохранились только в заповедниках. Такова судьба бизонов, десятками миллионов населявших прерии Северной Америки, и зубров, прежде широко распространённых в лесах Европы. На Дальнем Востоке почти полностью истреблён пятнистый олень.

На численность животных оказывает влияние и хозяйственная деятельность человека, не связанная с промыслом. Резко снизилась численность уссурийского тигра. Это произошло в результате освоения территорий в пределах его ареала и сокращения кормовой базы. В Тихом океане ежегодно погибает несколько десятков тысяч дельфинов: в период лова рыбы они попадают в сети и не могут из них выбраться. Ещё недавно, до принятия рыбаками специальных мер, число погибающих в сетях дельфинов достигало сотен тысяч. Для морских млекопитающих очень неблагоприятно загрязнение воды. В таких случаях простой запрет на отлов животных оказывается неэффективным. Например, после запрещения отлова дельфинов в Чёрном море их численность не восстанавливается. Причина заключается в том, что в Чёрное море с речной водой и через проливы из Средиземного моря поступает много ядовитых веществ. Эти вещества особенно вредны для детёнышей дельфинов, высокая смертность которых и тормозит рост поголовья этих китообразных.

Исчезновение сравнительно небольшого числа видов животных и растений может показаться не очень существенным. Однако каждый вид занимает определённое место в биоценозе, в цепи питания, и заменить его не может никто; исчезновение того или иного вида ведёт к уменьшению устойчивости биоценозов. Ещё важнее то, что каждый вид обладает уникальными, присущими только ему свойствами. Утрата генов, определяющих эти свойства и отобранных в ходе длительной эволюции, лишает человека возможности в будущем воспользоваться ими для своих практических целей (например, для селекции).

Радиоактивное загрязнение биосферы 825. Проблема радиоактивного загрязнения возникла в 1945 г. после взрыва атомных бомб, сброшенных на японские города Хиросиму и Нагасаки. Испытания ядерного оружия, производимые в атмосфере до 1963 г.,

вызвали глобальное радиоактивное загрязнение. При взрыве атомных бомб возникает очень сильное ионизирующее излучение, радиоактивные частицы рассеиваются на большие расстояния, заражая почву, водоёмы, живые организмы. Многие радиоактивные изотопы имеют длительный период полураспада, оставаясь опасными в течение всего времени своего существования: они включаются в круговорот веществ, попадают в живые организмы и оказывают губительное действие на клетки. Очень опасен стронций-90 из-за своей химической близости к кальцию. Накапливаясь в костях скелета, он служит постоянным источником облучения организма. Радиоактивный цезий (^{137}Cs) сходен с калием, его много в мышцах поражённых животных. Исследования показали, что в организме эскимосов Аляски, питающихся мясом северных оленей, содержится цезий-137.

Испытания ядерного оружия (а тем более использование этого оружия в военных целях) чреватые ещё одной опасностью. При ядерном взрыве образуется громадное количество мелкой пыли, которая долго держится в атмосфере и поглощает значительную часть солнечной радиации. Расчёты отечественных учёных, подтверждённые учёными разных стран мира, показывают, что даже при ограниченном, локальном применении ядерного оружия образовавшаяся пыль будет задерживать большую часть солнечного излучения. Наступит длительное похолодание («**ядерная зима**» 826), которое неизбежно приведёт к гибели всего живого на Земле. Значимы также техногенные катастрофы (Чернобыль, Фукусима и др.).

Запылению атмосферы способствуют и выбросы заводов, фабрик и тепловых электростанций (рис. 149).

В настоящее время практически любая территория планеты от Арктики до Антарктиды подвержена многообразным антропогенным влияниям. Очень серьёзный характер приобрели последствия разрушения природных биоценозов и загрязнения окружающей среды. Биосфера находится под всё усиливающимся давлением деятельности человека, поэтому актуальной задачей становятся природоохранные мероприятия.



Вопросы для повторения и задания

1. Что является причиной загрязнения атмосферы и каковы его последствия?
2. Существует ли взаимосвязь между загрязнением атмосферы и ростом заболеваемости людей? Обоснуйте свою точку зрения.

Рис. 149. Промышленные предприятия, а также автомобильный транспорт сжигают ежедневно огромное количество топлива, наполняя атмосферу углекислым газом и пылью



3. Каковы причины возможного возникновения недостатка воды в ряде районов мира?
4. Что является источником пресной воды в вашей местности? Каково количество этой воды?
5. К чему приводит загрязнение вод Мирового океана?
6. Как сказывается хозяйственная деятельность человека на структуре и плодородии почвы?
7. Каково прямое влияние человека на растительный и животный мир Земли?
8. Какие последствия влечёт за собой исчезновение биологических видов?
9. Как радиоактивное загрязнение, возникшее в результате аварий на АЭС в Японии весной 2011 г., сказывается на состоянии биосферы в целом?
10. Какова экологическая ситуация в вашем регионе? Назовите основные источники загрязнения окружающей среды в вашем регионе.
11. Изучив материал параграфа, сформулируйте основные экологические проблемы современности. Используя дополнительные источники информации, подготовьте сообщение или презентацию по выбранной теме. Вместе с одноклассниками и учителем организуйте и проведите конференцию «Экологические проблемы современного мира и пути их решения».



- **Обратитесь к дополнительным печатным источникам информации** — энциклопедиям, монографиям, периодическим научным изданиям.
- **Обратитесь к электронному приложению**, материалы которого являются дополнительным источником информации, раскрывающим содержание ключевых понятий параграфа. Выполните задания Т162—Т164.
- **Подготовьтесь к следующему уроку.** Используя дополнительные источники информации (книги, статьи, ресурсы сети Интернет и др.), сделайте сообщение по ключевым словам и словосочетаниям следующего параграфа.

56. Охрана природы и основы рационального природопользования

Вспомните!

- *Безотходные технологии* • *Очистные сооружения*
- *Заповедники* • *Красная книга*

В наши дни потребительское отношение к природе, расходование её ресурсов без осуществления мер по их восстановлению уходят в прошлое. Проблема рационального использования природных ресурсов и охраны природы от губительных последствий хозяйственной деятельности человека приобрела огромное государственное значение. Общество в интересах настоящих и будущих поколений принимает необходимые меры для охраны и научно обоснованного, рационального использования земли и её недр, водных ресурсов, растительного и животного мира, для сохранения чистоты воздуха и воды, обеспечения воспроизводства природных богатств и улучшения окружающей человека среды. Не будет преувеличением сказать, что охрана среды обитания людей — дело всего человечества.

Охрана природы 827 и **рациональное природопользование** 828 — проблема комплексная, и её решение зависит как от последовательного осуществления государственных мероприятий, так и от повышения уровня научных знаний. Здесь будут рассмотрены лишь некоторые примеры, показывающие направленность и эффективность природоохранных мер.

Для вредных веществ в атмосфере законодательно установлены **предельно допустимые концентрации** 829, не вызывающие у человека ощутимых последствий. С целью предотвращения загрязнения атмосферы разработаны мероприятия, обеспечивающие правильное сжигание топлива, переход на газифицированное теплоцентральное отопление, установку на предприятиях **очистных сооружений** 830 ►. Помимо предохранения воздуха от загрязнения, очистные сооружения позволяют экономить сырьё и возвращать в производство многие ценные продукты. Например, улавливание серы из выделяющихся газов даёт возможность увеличить выпуск серной кислоты, улавливание цемента сберегает продукцию, равную производительности нескольких заводов. На алюминиевых заводах установка фильтров на трубах предотвращает выброс фтора в атмосферу.

Помимо строительства очистных сооружений, ведутся поиски **безотходных технологий** 831, при которых образование отходов было бы сведено к минимуму. Этой же цели служат улучшение конструкции автомобилей, переход на другие виды топлива (сжиженный газ, этиловый спирт), при сжигании которого образуется меньше вредных веществ. Разрабатываются модели автомобилей с электрическим двигателем для передвижения в пределах города. Большое значение имеют правильная планировка городов и зелёные насаждения. Деревья очищают воздух от взвешенных в нём жидких и твёрдых частиц (аэрозолей), поглощают вредные газы. Например, сернистый газ хорошо поглощают тополь, липа, клён, конский каштан; фенолы — сирень, шелковица, бузина.

Бытовые и промышленные сточные воды подвергаются механической, физико-химической и биологической обработке. Биологическая очистка заключается в разрушении растворённых органических веществ микроорганизмами. Воду пропускают через специальные резервуары с так называемым активным илом, который содержит микроорганизмы, окисляющие фенолы, жирные кислоты, спирты, углеводороды, нефть и т. д.

Очистка сточных вод 832 не решает всех проблем. Поэтому всё больше предприятий переходит на новую технологию — замкнутый цикл, при котором очищенная вода вновь поступает в производство. Новые технологические процессы позволяют в десятки раз сократить расход природной воды.

Охрана недр заключается прежде всего в предотвращении непроизводительных трат органических и минеральных ресурсов

и комплексном их использовании. Например, много каменного угля теряется при подземных пожарах, горючий газ сгорает в факелах на нефтепромыслах. Разработка технологии комплексного извлечения металлов из руд позволяет получать дополнительно такие ценные элементы, как титан, кобальт, вольфрам, молибден и др.

Для повышения продуктивности сельского хозяйства громадное значение имеют **правильная агротехника и специальные мероприятия по охране почвы** 833. Например, борьбу с оврагами успешно ведут путём посадки растений — деревьев, кустарников, трав. Растения защищают почвы от смыва и уменьшают скорость течения воды. Окультуривание оврагов позволяет использовать их в хозяйственных целях. Посев завезённой из Америки **аморфы** 834, имеющей мощную корневую систему, не только эффективно предотвращает смыв почвы: растение ещё и даёт бобы, имеющие высокую кормовую ценность. Разнообразие посадок и посевов по оврагу способствует образованию стойких биоценозов. В зарослях поселяются птицы, что имеет немаловажное значение для борьбы с вредителями. Защитные лесонасаждения в степях препятствуют водной и ветровой эрозии полей.

Развитие **биологических методов борьбы с вредителями** 835 позволяет резко сократить использование в сельском хозяйстве пестицидов.

В настоящее время в охране нуждаются 2000 видов растений, 236 видов млекопитающих, 287 видов птиц. Международным союзом охраны природы учреждена специальная Красная книга, в которой содержатся сведения об исчезающих видах и даются рекомендации по их сохранению. Многие виды животных, находившиеся под угрозой исчезновения, сейчас восстановили свою численность. Это относится к лосю, сайгаку, белой цапле, гаге.

Сохранению животного и растительного мира способствует организация **заповедников** 836 и **заказников** 837. Помимо охраны редких и исчезающих видов заповедники служат базой для одомашнивания диких животных, обладающих ценными хозяйственными свойствами. Заповедники служат также центрами по расселению животных, исчезнувших в данной местности; здесь решают задачи обогащения местной фауны путём завоза новых видов — **интродукции** 838. В России хорошо прижилась североамериканская ондатра, дающая ценный мех. В суровых ус-

ловиях Арктики успешно размножается овцебык, завезённый из Канады и с Аляски. Восстановлена численность бобров, почти исчезнувших в нашей стране в начале прошлого века.

Подобные примеры многочисленны. Они показывают, что бережное отношение к природе, основанное на глубоких знаниях биологии растений и животных, не только сохраняет её, но и даёт значительный экономический эффект.



Вопросы для повторения и задания

1. Зачем и почему необходимы бережное отношение к природе и её охрана?
2. В чём преимущество использования биологических методов борьбы с вредителями сельского хозяйства?
3. Почему нельзя пить воду из источников в пределах города?
4. Какие мероприятия по защите почвы вам известны?
5. Есть ли в регионе, где вы живёте, охраняемые природные объекты (заповедники, заказники, национальные парки и др.)? Расскажите об их работе.
6. Какие мероприятия, направленные на повышение продуктивности сельского хозяйства, осуществляются в вашем регионе?
7. Расскажите, какие мероприятия, обеспечивающие рациональное природопользование, проводятся на промышленных предприятиях, расположенных в вашем городе (районе, области).
8. Вместе с одноклассниками соберите материал об исчезающих видах растений и животных вашего региона. Подготовьте ознакомительную выставку для учащихся младших классов.
9. Один из принципов рационального использования природных ресурсов, сформированный экологами, заключается в следующем: «Большая часть отходов и загрязнителей или может быть отнесена к ресурсам, которые мы по глупости не используем, или они настолько опасны, что не должны производиться вообще» (принцип «Никаких отходов в природе»). Выполняется ли этот принцип в современном обществе?
10. Согласны ли вы с утверждением, что формирование экологического мышления имеет первостепенное значение для современного развития цивилизации?
11. Составьте план параграфа. Какова основная мысль этого параграфа?



Работа с дополнительными источниками информации

- **Обратитесь к дополнительным печатным источникам информации** — энциклопедиям, монографиям, периодическим научным изданиям.
- **Обратитесь к электронному приложению**, материалы которого являются дополнительным источником информации, раскрывающим содержание ключевых понятий параграфа. Выполните задания Т165, Т166.
- **Обменяйтесь** с одноклассниками списками сайтов и ссылками на литературные источники, которые вы использовали в течение учебного года. После консультации с учителем сформируйте единый общий универсальный список этих источников информации. Этот список вам пригодится при изучении курса биологии или естествознания в старших классах, в средних специальных учебных заведениях и даже во время учёбы в институте.



Предметный указатель

А

Австралопитеки 212
Автотрофы 29, 189, 233
Адаптация физиологическая 182
Аллель 85
Антибиоз 253
Антропология 211
Ареал 144
Ароморфоз 156, 199
Ассимиляция 23
Атмосфера 224

Б

Бактериофаг 53
Бациллы 32
Биогеоценоз 234
Биомасса 235
Биотехнология 119
Биоценоз 235, 246
Биоэлементы 14
Бластула 68
Борьба за существование 138
Брожение 28
Буферность 16

В

Вакуоли 41
Вещество биогенное 222
 биокосное 222
 живое 222
 косное 222

Веретено деления 48
Вид 144
Вирусы 53
Вирусология 53
Включения 36
Влажность 239
Волны популяционные 148

Г

Гамета 89
Гастрола 70
Гастрюляция 70
Ген 80
 аллельный 81
Генная инженерия 120
Генотип 23, 81
Генофонд 147
Гены сцепленные 97
Гермафродитизм 58
Гетерозис (гибридная сила) 116
Гетеротрофы 30, 189, 233
Гибрид 84
Гибридизация 84
Гибридная сила 116
Гидролиз 16
Гидросфера 224
Гликолиз 28
Гомология зародышевых листков 71
Гранулы 36
Группа сцепления 96

Д

Дегенерация 157
Деление митотическое 59
Дивергенция 163
Диморфизм половой 152
Диплоидность 194
Диполь 15
Дисахариды 19
Диск зародышевый 69
Диссимиляция 27
Дифференцировка (дифференцирование) 70
Доминирование 84
Дрейф генов 147
Дыхание анаэробное 28
аэробное 29

Ж

Жиры нейтральные 20

З

Закон дигибридного скрещивания 90
доминирования (единообразия) 85
расщепления 87
чистоты гамет 88
Зигота 66
Зона оптимума экологического фактора 242

И

Идея эволюционная 128
Идиоадаптация 157
Избыточность кода 24
Изоляция пространственная (географическая) 148

репродуктивная 144
Изменчивость 9, 135
комбинативная 103
наследственная 102
ненаследственная 107
неопределённая (индивидуальная) 103
Иммунодефицит 54
Интродукция 289

К

Каннибализм 261
Капсид 53
Кариотип 44, 144
Квартирантство 257
Кислота дезоксирибонуклеиновая (ДНК) 21
рибонуклеиновая (РНК) 22
информационная (иРНК) 22
рибосомальная (рРНК) 22
транспортная (тРНК) 22
Клетка 52
неспециализированная (недифференцированная) 70
Коацерваты 187
Код генетический 24
Кокки 32
Колебания периодические 148
Комплекс (аппарат) Гольджи 39
Конвергенция 163
Конкуренция 271
Конъюгация 64
Кристы 40
Кроманьонцы 217
Кроссинговер 64

Л

- Лизосомы 40
- Линия чистая 82
- Липиды 20
- Листки зародышевые 70
- Литосфера 224
- Личинка 73
- Локус 81
- Люди древнейшие 216
 - древние 216
 - современные 217

М

- Макроэволюция 143
- Макроэлементы 14
- Маскировка 168
- Мезодерма 71
- Мейоз 64
- Мембрана наружная цитоплазматическая 38
- Метаморфоз 73
- Метод скрещивания (гибридологический) 83
- Микроэволюция 143, 149
- Микроэлементы 14
- Мимикрия 172
- Митоз 48
- Митохондрии 40
- Многоклеточность 194
- Моносахариды 19
- Мутации 103
 - генеративные 105
 - генные (точковые) 105
 - геномные 105
 - соматические 104
 - хромосомные 105
- Мутация 135

Н

- Набор хромосомный двойной (диплоидный) 44
 - одинарный (гаплоидный) 44
- Наследование признаков сцепленное 96
 - сцепленное с полом 100
- Наследственность 9, 80
- Нахлебничество 256
- Неандертальцы 216
- Нейрула 72
- Нейтрализм 253
- Неолит 274
- Ноосфера 274
- Норма реакции 108
- Нуклеотиды 21

О

- Обмен веществ 9
 - анаэробный 189
 - пластический 23
 - энергетический 27
- Овогенез 62
- Овоциты 62
- Окраска покровительственная 168
 - предупреждающая 171
- Онтогенез 10, 68
- Онтогенеза период
 - постэмбриональный 68
 - эмбриональный 68
- Оплодотворение 66
- Оптимум 242
- Организм гетерозиготный 85, 146
 - гомозиготный 85, 146
- Органогенез 71
- Органы аналогичные 166
 - гомологичные 163

Отбор естественный 140, 149, 150
индивидуальный 114
искусственный 136
массовый 114
половой 152
стабилизирующий 151

П

Палеолит 273
Палочки 32
Паразитизм 263
 гнездовой 268
Паразитология 264
Период размножения 62
 роста 62
 созревания (мейоз) 64
Период девонский 200
 каменноугольный 198, 202
 пермский 198
Пиноцитоз 38
Пирамида биомассы 250
 чисел 250
 энергии 250
Пластиды 35, 41
 лейкопласты 41
 хлоропласты 41
 хромопласты 41
Плотность популяции 235
Поведение приспособительное 176
Пол гетерогаметный 99
 гомогаметный 99
Полиплоидия 105
Полисахариды 19
Полость тела первичная 68
Полупаразиты 267

Полупроницаемость 38
Полярность 15
Популяция 145
Порода 114
Поры 38
Почкование 59
Правило экологической пирамиды 250
Предел выносливости верхний 242
 нижний 242
Признак аллельный 81
 доминантный 85
 рецессивный 85
Принцип иерархичности 125
Прогресс биологический 167
Продукция первичная 235
Прокариоты 31, 189
Процесс мутационный 147
 половой 194
Прямохождение 212
Псилофиты 197

Р

Развитие 10
Раздражимость 10
Размножение бесполое 58
 вегетативное 60
 девственное (партеногенетическое) 58
 половое 58
Разнообразие видовое 235, 246
Растения полиплоидные 117
 светлюбивые 238
 теневыносливые 238
Расщепление 87
 кислородное 29

Расы 218
 Регресс биологический 167
 морфофизиологический 158
 Регулятор численности видов 246
 Резервуар энергетический 20
 Рептилии (пресмыкающиеся) 202
 Ресурсы исчерпаемые 275
 неисчерпаемые 275
 Рибосомы 39
 Ритмичность 10
 Рыбы двоякодышащие 200
 кистепёрые 200
 лучепёрые 201

С

Самовоспроизведение 9
 Саморегуляция 10
 Свет 238
 Селекция 111
 Сети питания 250
 Сеть эндоплазматическая 39
 гладкая 39
 шероховатая 39
 Симбиоз 190, 253
 Система классификации естественная 127
 Скрещивание 84
 дигибридное (полигибридное) 90
 моногибридное 84
 Сок ядерный 43
 Сорт (чистая линия) 114
 Сперматогенез 62
 Сперматозоиды 62
 Специализация 157

Специфичность кода 24
 Спириллы 32
 Спорообразование 59
 Среда внешняя 128
 Стегоцефалы 201
 Стенка клеточная 39
 Сцепление генов 96

Т

Таксон 125
 Тельца направительные (редукционные) 65
 Температура 236
 Теория видообразования 129
 эволюции 124
 Триплет 24
 Тритикале 117
 Тургор 41

У

Универсальность кода 24
 Уровень организации живой материи 7
 биогеоценологический (экосистемный) 9
 биосферный 9
 клеточный 7
 молекулярный 7
 организменный 9
 органный 8
 популяционно-видовой 9
 тканевый 8

Ф

Фагоцитоз 38
 Фазы митоза 48
 мейоза 64

Фактор абиотический 235
антропогенный 273
биотический 235
ограничивающий 244

Фенотип 81

Филогенез 10

Форма естественного
отбора 150
движущая 150
половая 152
стабилизирующая 151

Форма тела 168

Фотолиз 30

Фотопериодизм 239

Фотосинтез 29, 189, 194

Фототрофы 29

Х

Хемосинтез 30

Хемотрофы 29

Хищники 258

Хищничество 258

Хроматин 43

Хромосомный набор двойной
(диплоидный) 44
одинарный (гаплоидный)
44

Хромосомы гомологичные 44
половые (гетерохромосо-
мы) 99

Ц

Центр клеточный 41

Центриоли 41

Центромеры 44

Цепи питания 249

Цикл клетки жизненный 47
митотический 47

Цитоскелет 41

Ч

Человек разумный 81, 216

Чистая линия 114

Э

Эволюция 10

Эктодерма 70, 191

Эмбриология 68

Эндоплазматическая сеть 39
гладкая 39
шероховатая 39

Энтодерма 70, 191

Эпифиты 258

Эра кайнозойская 208
мезозойская 205
палеозойская 197

Эрозия 281

Этапы энергетического обме-
на 28
первый: подготовительный
28
второй: анаэробное дыха-
ние (брожение) 28
третий: анаэробное дыха-
ние (кислородное расще-
пление) 29

Эукариоты 32

Я

Ядрышко 44, 45

Яйцеклетки 62

Ярусы 246

Именной указатель

- Аристотель 124
Броун Б. 52
Бэр К. 131
Вавилов Н. И. 112
Вернадский В. И. 221, 274
Вирхов Р. 52
Волькенштейн М. В. 10
Геккель Э. 191
Гук Р. 52
Дарвин Ч. 52, 103, 126,
129—134, 137, 138, 141,
142, 150, 181, 211
Добржанский Ф. Г. 150
Карпеченко Г. Д. 116
Крик Ф. 21
Лайель Ч. 131
Ламарк Ж. Б. 127, 128, 129,
131, 211
Либих Ю. 244
Линней К. 125, 126, 211
Ломоносов М. В. 131
Мендель Г. 79, 82—85, 87,
88, 90, 93, 95, 96
Мечников И. И. 191
Стеллер Г. В. 284
Уоллес А. 150
Уотсон Дж. 21
Фабр Ж. А. 179
Холдейн Дж. 150
Четвериков С. С. 150
Шванн Т. 52, 131
Шлейден М. 52
Шмальгаузен И. И. 150, 151
Энгельс Ф. 10

Темы проектно-исследовательской деятельности

1. Экологически опасные вещества и факторы в быту.
2. Определение нитратов в продуктах питания.
3. Оценка социально-экологических условий конкретного жилого помещения.
4. Особо охраняемые территории региона: цели работы, достижения, перспективы развития.
5. Фитоиндикационные методы и их роль в определении экологического состояния воздушной среды.
6. Акция «Чистая река» (работы по благоустройству берега водоёма).
7. Определение особенностей химического состава почвы по видовому разнообразию растений.
8. Составление экологической характеристики вида, паспортизация комнатных растений.
9. Изучение изменения потребности в атмосферном воздухе у шпорцевых лягушек (иглистых тритонов) при аэрации воды аквариума.
10. Изучение влияния температуры воздуха на активность земноводных.
11. Изучение влияния температуры воды на окраску тела рыбы (гурами, макроподы, караси).
12. Исчезающие виды растений и животных региона.

Оглавление

Введение	3
Глава 1. Многообразие живого мира. Уровни организации и основные свойства живых организмов	7
РАЗДЕЛ 1	
Структурная организация живых организмов	13
Глава 2. Химическая организация клетки	14
1. Неорганические вещества, входящие в состав клетки	15
2. Органические вещества, входящие в состав клетки	17
Глава 3. Обмен веществ и преобразование энергии в клетке	23
3. Пластический обмен. Биосинтез белков	23
4. Энергетический обмен. Способы питания	27
Глава 4. Строение и функции клеток	31
5. Прокариотическая клетка	32
6. Эукариотическая клетка. Цитоплазма	35
7. Эукариотическая клетка. Ядро	42
8. Деление клеток	46
9. Клеточная теория строения организмов. Вирусы	51
РАЗДЕЛ 2	
Размножение и индивидуальное развитие организмов	57
Глава 5. Размножение организмов	58
10. Бесполое размножение	58
11. Половое размножение. Развитие половых клеток	62
Глава 6. Индивидуальное развитие организмов (онтогенез)	68
12. Эмбриональный период развития	68
13. Постэмбриональный период развития	73

РАЗДЕЛ 3

Наследственность и изменчивость

организмов	79
Глава 7. Закономерности наследования признаков	80
14. Основные понятия генетики	80
15. Гибридологический метод изучения наследования признаков	82
16. Первый закон Менделя	84
17. Второй закон Менделя. Закон чистоты гамет	87
18. Третий закон Менделя. Анализирующее скрещивание	90
19. Сцепленное наследование генов	95
20. Генетика пола. Наследование признаков, сцепленных с полом	98
Глава 8. Закономерности изменчивости	102
21. Наследственная (генотипическая) изменчивость	102
22. Ненаследственная (фенотипическая) изменчивость	107
Глава 9. Селекция растений, животных и микроорганизмов	110
23. Центры многообразия и происхождения культурных растений	111
24. Селекция растений и животных	113
25. Селекция микроорганизмов	118

РАЗДЕЛ 4

Эволюция живого мира на Земле

Глава 10. Развитие биологии в додарвиновский период	124
26. Становление систематики	124
27. Эволюционная теория Жана Батиста Ламарка	127
Глава 11. Теория Чарлза Дарвина о происхождении видов путём естественного отбора	130
28. Научные и социально-экономические предпосылки возникновения теории Чарлза Дарвина	130
29. Учение Чарлза Дарвина об искусственном отборе	133
30. Учение Чарлза Дарвина о естественном отборе	137

Глава 12. Современные представления об эволюции.	
Микроэволюция и макроэволюция	143
31. Вид, его критерии и структура	143
32. Элементарные эволюционные факторы	146
33. Формы естественного отбора	150
34. Главные направления эволюции	156
35. Типы эволюционных изменений	162
Глава 13. Приспособленность организмов к условиям внешней среды как результат эволюции	167
36. Приспособительные особенности строения и поведения животных	168
37. Забота о потомстве	177
38. Физиологические адаптации	182
Глава 14. Возникновение жизни на Земле	185
39. Современные представления о возникновении жизни	186
40. Начальные этапы развития жизни	189
Глава 15. Развитие жизни на Земле	193
41. Жизнь в архейскую и протерозойскую эры	194
42. Жизнь в палеозойскую эру	197
43. Жизнь в мезозойскую эру	205
44. Жизнь в кайнозойскую эру	208
45. Происхождение человека	211
 РАЗДЕЛ 5	
Взаимоотношения организма и среды.	
Основы экологии	221
Глава 16. Биосфера, её структура и функции	222
46. Структура биосферы	222
47. Круговорот веществ в природе	226
48. История формирования природных сообществ живых организмов	231
49. Биогеоценозы и биоценозы	234
50. Абиотические факторы среды	236
51. Интенсивность действия факторов среды	242
52. Биотические факторы среды. Типы связей между организмами в биоценозе.	245

53. Биотические факторы среды. Взаимоотношения между организмами	252
Глава 17. Биосфера и человек	273
54. Природные ресурсы и их использование	275
55. Последствия хозяйственной деятельности человека для окружающей среды	279
56. Охрана природы и основы рационального природопользования	287
Предметный указатель	292
Именной указатель	298
Темы проектно-исследовательской деятельности	299